ISSN 0365-7043

ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE — ROMA

Sezione operativa periferica di Gorizia

R. CANDUSSIO M. VISINTINI ROMANIN

FOSFORO E AZOTO DI ORIGINE AGRARIA NEI CORPI IDRICI DELLA REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA

PHOSPHORUS AND NITROGEN OF AGRICULTURAL ORIGIN IN THE WATER BODIES AT THE FRIULI-VENEZIA GIULIA REGION

Vol. X - Anno 1980 - Roma

Pubblicazione n. 5

R. CANDUSSIO - M. VISINTINI ROMANIN

FOSFORO E AZOTO DI ORIGINE AGRARIA NEI CORPI IDRICI DELLA REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA

Fiume Stella con particolare riguardo agli effluenti di trotiere e canali collettori di bonifica della Bassa Friulana

La pratica delle concimazioni, necessaria al momento attuale per ottenere dal terreno il massimo reddito possibile, ma ancor più necessaria nel futuro per ottenere le massime produzioni per sfamare la aumentata popolazione del mondo, viene spesso accusata di produrre inquinamenti delle acque, sia sotterranee che superficiali, minacciando la vita dei corpi idrici mediante l'eccessiva loro eutrofizzazione oppure minacciando direttamente la salute degli animali di allevamento, o dell'uomo stesso, mediante vere e proprie intossicazioni.

I compiti istituzionali della Sezione di Gorizia dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante riguardano «i concimi e le concimazioni». Ci è sembrato perciò nostro dovere di effettuare uno studio sullo stato di inquinamento dei corpi d'acqua «agrari» tendente a raggiungere i seguenti scopi:

1. valutazione degli apporti agrari di elementi direttamente inquinanti dai terreni ai corpi d'acqua;

2. valutazione del ruolo dei sedimenti di corpi d'acqua «agrari» sul potere eutrofizzante delle acque e sui meccanismi degli scambi fra sedimenti e acque.

Usiamo qui l'attributo di «agrari» per quei corpi idrici a) che sono corsi d'acqua naturali che non ricevono importanti scarichi industriali ma solamente, o precipuamente, scarichi «agrari» e scarichi di insediamenti rurali; oppure b) che convogliano acque di colatura di bacini di bonifica (canali di bonifica).

Per il punto a) (corsi d'acqua naturali) abbiamo scelto il Fiume Stella, fiume di risorgiva praticamente non inquinato da scarichi industriali, situato nel Basso Friuli Centrale; per il punto b) i grossi canali collettori di tutti i bacini di bonifica della Bassa Friulana lungo l'arco costiero dell'alto Adriatico.

Consideriamo i sedimenti recenti dei corsi d'acqua - secondo le definizioni di Mortimer [13] e di Ponnamperuma [16] - come «terreni subacquatici» (subaquatic soils, underwater soils) o «terreni di accumulo permanentemente sommersi». Riteniamo perciò giustificata l'adozione dei metodi di indagine impiegati per i terreni

agrari sommersi anche per lo studio dei fenomeni chimici e fisico-chimici che si verificano nei sedimenti e che possono governare, almeno per certi inquinanti, la «qualità» delle acque sovrastanti. Riteniamo infatti che solamente con un accurato studio dei sedimenti ci si possa rendere ragione della vera entità e durata dell'inquinamento delle acque in dipendenza della fissazione e della mobilizzazione degli inquinanti che hanno raggiunto i sedimenti stessi.

Nel nostro studio daremo maggior rilievo ai due elementi normalmente incriminati nell'inquinamento delle acque dal punto di vista delle concimazioni: fosforo e azoto.

I. Fiume Stella.

In questi ultimi anni la troticoltura ha assunto una grande rapida diffusione nella zona delle risorgive del Friuli Centrale, specialmente nella parte immediatamente a sud di Codroipo, con impianti di notevole ampiezza.

Il numero di grossi impianti, la rapidità della loro costruzione e il loro insediamento non preventivamente pianificato «hanno fatto sorgere il dubbio, e la preoccupazione, se l'insediamento degli allevamenti di trote e il loro prevedibile sviluppo nella zona delle risorgive fossero conciliabili con l'esigenza di tutelare uno dei paesaggi più caratteristici del Friuli-Venezia Giulia» (Valussi, 1973) [21].

L'Istituto di Geografia dell'Università di Trieste ha curato lo studio del problema impostando i termini dei vari aspetti in una serie di quattro pubblicazioni uscite nel maggio 1973 [1, 14, 20, 21].

In tale occasione alcuni Autori (Valussi; Musi), hanno fatto esplicito riferimento al «presunto inquinamento delle acque e alla mancanza di una appropriata documentazione scientifica che possa dare utili indicazioni sulla reale consistenza del problema».

Alla nostra ricerca, che è stata effettuata nel 1972-1973, abbiamo attribuito lo scopo di «fotografare» la situazione delle acque e dei sedimenti del fiume Stella in quel momento per poterne seguire una eventuale evoluzione in anni futuri dopo un determinato lasso di tempo dall'insediamento degli impianti troticoli.

L'indagine è stata condotta secondo il seguente piano di lavoro:

1. rilievo delle caratteristiche fisiche, fisico-chimiche e chimiche delle acque superficiali: a) acque nella zona delle risorgenze; b) acque nella zona delle trotiere; c) acque lungo l'asta del fiume fino alla foce;

2. rilievo delle caratteristiche fisiche, fisico-chimiche e chimiche dei fanghi di fondo e delle loro acque interstiziali.

Per gli aspetti morfologici e idrogeologici del Fiume Stella e della zona delle risorgive si rimanda alle specifiche pubblicazioni indicate nell'elenco bibliografico [2, 9, 12, 18].

Metodi analitici.

Per le determinazioni fisiche, fisico-chimiche e chimiche delle acque sono stati impiegati i metodi seguenti: pH per via potenziometrica, misurato sul posto del prelievo sull'acqua portata a 18°C; conducibilità elettrica specifica, con conduttimetro sull'acqua portata a 25°C; temperatura misurata sul posto del prelievo; residui fissi per pesata dopo evaporazione in capsula di platino in stufa a 105°C e in forno a muffola a 180°C e al rosso; alcalinità per titolazione con HCl N/10 con indicatore al metilarancio; potenziale di ossido riduzione (Eh_7) misurato sul posto con elettrodo di platino e riportato per calcolo a pH 7 e alla temperatura media delle acque (13°C); ossigeno disciolto (OD) col metodo Winkler; domanda chimica di ossigeno (COD) con dicromato potassico; BOD_5 a 20°C in completa oscurità; putrescibilità con permanganato potassico; sodio e potassio per fotometria di fiamma; calcio e magnesio per complessometria con EDTA; ammonio con reattivo di Nessler; cloruri per titolazione secondo Volhard; nitriti per colorimetria col reattivo di Griess; nitrati per colorimetria con acido cromotropico; fosfati per ceruleomolibdimetria; polifosfati per ceruleomolibdimetria previa idrolisi acida.

Le analisi dei fanghi di fondo e dei terreni sono state eseguite coi metodi seguenti: pH potenziometricamente in H_2O con rapporto 1:2.5; potenziale di ossido riduzione (Eh_7) con elettrodo di platino sul campione di fango appena estratto dal fondo, riportato per calcolo a pH 7 e alla temperatura media delle acque (13°C); granulometria per dispersione sodica e sedimentazione alla pipetta previa eliminazione della sostanza organica con H_2O_2 e dei carbonati con HCl a caldo; Fe libero col metodo di Deb al ditionito-citrato; N col metodo di Kjeldahl; carbonati calcolati dalla CO_2 svolta con HCl dil. a caldo; C organico col metodo di Walkley-Black; le sostanze solubili in HCl conc. boll.: Na e K per fotometria di fiamma; Ca, Mg, Fe+Al, S, Si coi classici metodi per gravimetria; Mn per spettrofotometria con periodato sodico; P_2O_5 totale su attacco nitrico per gravimetria secondo Lorenz; P_2O_5 solubile in acetato sodico a pH 4.5 secondo Morgan determinata per ceruleomolibdimetria; P_2O_5 organica secondo Saunders e Williams; NH_4 adsorbito con KCl 2N e determinazione per distillazione; $N\text{-}NO_3$ per spettrofotometria con acido cromotropico; $N\text{-}NO_2$ per spettrofotometria col reattivo di Griess; il frazionamento del P col metodo di Chang e Jackson; il Cu su attacco nitroperclorico e determinazione per spettrometria A.A.

a) Le acque nella zona delle risorgenze.

Per la valutazione delle variazioni nelle caratteristiche fisiche e fisico-chimiche delle acque lungo un corso di acqua è ovvio che si debba innanzi tutto conoscere la qualità dell'acqua alla sorgente. Lo Stella è un fiume di risorgiva che manca di una sorgente vera e propria giacché deriva la sua esistenza da molte

«rogge» originate da numerosissime polle d'acqua. È evidente pertanto che la caratterizzazione delle acque di origine possa essere effettuata solamente lungo una fascia di risorgenza.

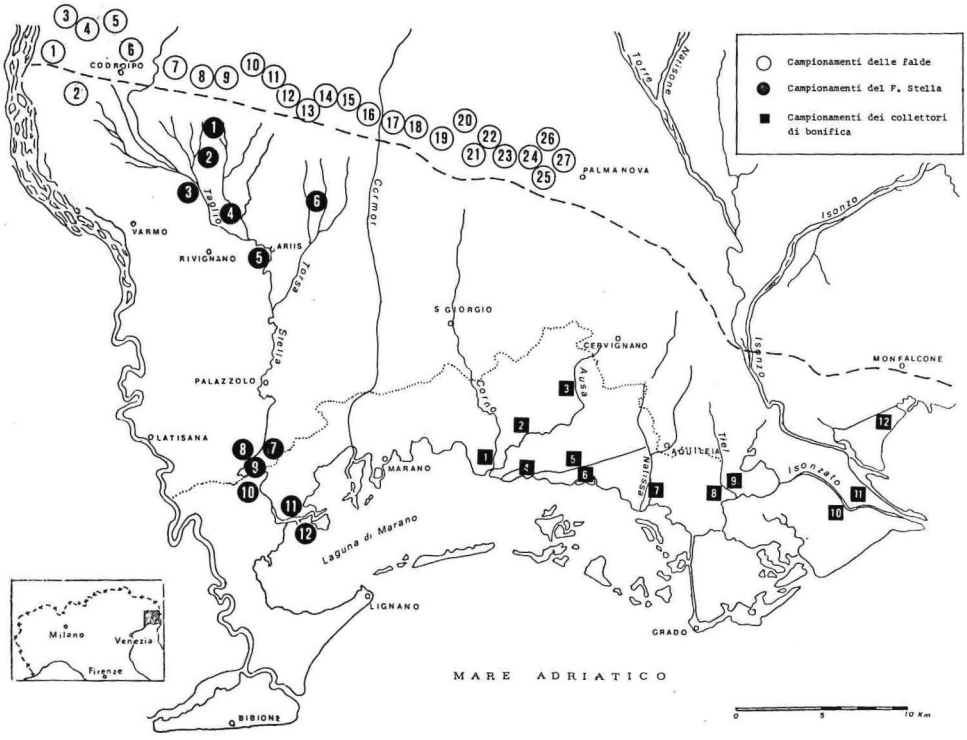

Fig. 1 - Zona della pianura friulana oggetto delle ricerche e dislocazione delle stazioni di campionamento.

In un nostro precedente studio [5] le caratteristiche chimiche di queste acque sono state rilevate campionando la falda freatica lungo la linea della loro risorgenza nella zona iniziale del bacino del fiume Stella (Fig. 1). I risultati di quello studio, riportati in sintesi nel Prospetto 1, possono essere riassunti nei seguenti punti di maggior interesse:

— le acque sono sempre ben ossigenate. Per la particolare situazione idrogeologica della pianura friulana queste acque freatiche sono continuamente a contatto con aria lungo tutto il loro tragitto sotterraneo. Questo processo di ossigenazione sotterranea è stato particolarmente studiato in passato da Tellini [18] e da E. Feruglio [9];

— i fosfati sono praticamente assenti: i terreni della pianura friulana, attraverso i quali le acque sono percolate, possiedono un forte potere di fissazione nei

riguardi degli ioni fosfatici;

— la non trascurabile presenza di solfati specialmente nelle acque della parte più occidentale ha fatto ragionevolmente ammettere che le falde idriche di questa zona dovessero risentire degli apporti di acqua proveniente dall'alveo sotterraneo del vicino fiume Tagliamento [8];

— assenza di ioni ammoniacali e presenza, in concentrazioni di entità non trascurabile, di ioni nitrici, presenza che denuncia, secondo la nostra interpretazione [5], un incipiente inquinamento delle falde con nitrati di probabile origine agraria;

— nel loro equilibrio ionico le acque vengono classificate acque bicarbonato-alcalino terrose con tendenza a diventare, nella parte più occidentale delle risorgive, acque bicarbonato-solfato-alcalino terrose.

I dati analitici dell'acqua campionata nella polla Macilárs (campione n. 1) rientrano nelle medie dei dati analitici delle acque della falda freatica lungo la linea delle risorgive (Prospetto 2) confermando la attuale validità di quanto sopra riportato.

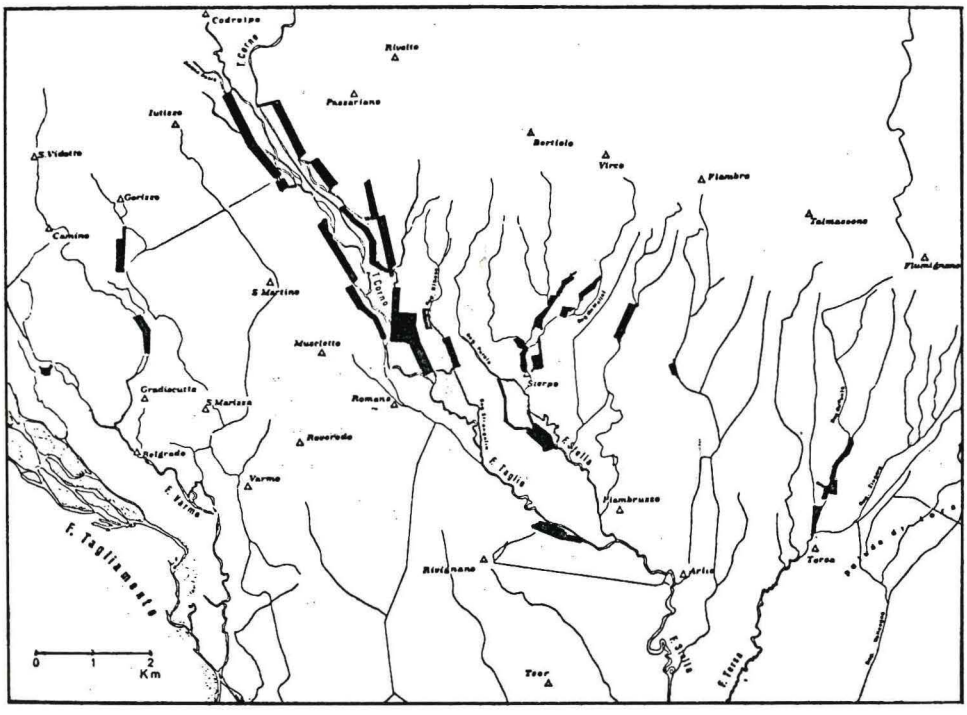

Fig. 2 - Dislocazione degli impianti di troticoltura nella zona delle risorgive nel Friuli Centrale (da Musi, 1973).

b) Le acque nella zona degli impianti troticoli.

Lo schema della ubicazione dei campionamenti è indicato nella Fig. 3.

Le acque pure di risorgiva sono state campionate a monte delle trotiere in località indicate con: P_1 Sorgente Bos che fornisce l'acqua della trotiera di Muscletto; P_2 Sorgente Macilárs principale fornitrice dell'impianto troticolo della Società ASIA e P_3 Roggia di Martin che alimenta la trotiera Codana.

Le acque di scarico di queste tre trotiere sono state indicate rispettivamente con S_1 (Muscletto) S_2 (ASIA) S_3 (Codana).

Le ubicazioni V_1 e V_2, relative ai campionamenti di acque in zone intermedie, si riferiscono rispettivamente agli scarichi S_1 (in parte) e S_2 affluenti nel F. Strangulin e agli scarichi S_1 (in parte) che affluiscono nel F. Stalla-Taglio-Corno.

Con C_1 C_2 C_3 sono state infine indicate tre località di confluenza, e precisamente: C_1 alla spalletta ex-ferrovia del F. Strangulin dove vengono raccolte le acque S_2 S_3 e in parte S_1; C_2 a Flambruzzo sul F. Stalla-Taglio prima della sua confluenza col F. Stella; C_3 a Ariis, sul F. Stella dopo la confluenza del F. Stalla-Taglio.

Tutte le acque sono state prelevate in superficie e lontano dalle sponde verso il centro del corso d'acqua.

I campionamenti effettuati nella mattinata sono stati ripetuti nel pomeriggio dello stesso giorno (27 marzo).

I risultati analitici sono riportati per esteso nei Prospetti 5, 6, 7.

Le variazioni degne di un certo rilievo riguardano gli ioni Na, NH_4, Cl e PO_4. Le variazioni degli altri ioni rientrano nelle normali fluttuazioni di scarsa entità.

Non si notano notevoli differenze nella composizione chimica delle acque campionate nella mattinata e delle stesse acque campionate nel pomeriggio.

L'ione NH_4, assente nelle acque alla loro risorgenza (posizione P_2), subisce un notevole aumento nelle acque di scarico (posizione S_2) e, successivamente, una diluizione nelle acque delle confluenze (posizioni C_2 e C_3). Un comportamento simile ma con variazioni meno marcate si verifica anche nelle concentrazioni degli ioni Na, Cl e PO_4. Sembra pertanto evidente che gli aumenti di concentrazione abbiano origine nelle trotiere e che possano essere conseguenti alle pratiche di allevamento e al metabolismo dei pesci.

Secondo Willoughby e al. [23] gli effetti dell'allevamento di pesci sulle acque possono essere identificati in special modo in un aumento della CO_2, dell'azoto come NH_4 e come NO_2, del fosforo come PO_4 e dei solidi sedimentabili e in una diminuzione dell'ossigeno disciolto. Anche nel caso nostro si verifica una leggera ma significativa riduzione dell'OD e un sensibile aumento dell'NO_2 nelle acque effluenti dalle trotiere.

Questi primi risultati ci hanno indotti ad accertare ulteriormente la situazione campionando le acque in giorni diversi e in stagioni diverse limitando le analisi

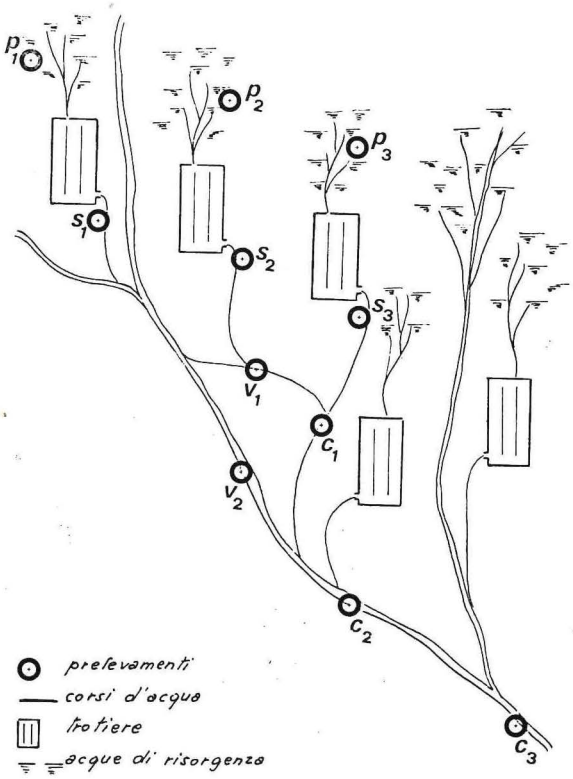

Fig. 3 - Schema della dislocazione dei campionamenti nella zona delle trotiere.

ai due elementi di maggior interesse agli effetti di un indice di inquinamento delle acque e cioè all'azoto e al fosforo. Nei Prospetti 8 e 9 sono riportati i risultati di queste ulteriori analisi (9 agosto, 18 agosto, 11 ottobre 1972, 6 marzo 1973, 27 marzo e 11 ottobre 1973) che confermano quanto era già stato rilevato in precedenza: le concentrazioni di PO_4 e di NH_4 pur essendo di entità variabile sono tuttavia sempre in deciso aumento rispetto alle acque in entrata alle trotiere. In media l'aumento di PO_4 è di circa 17 volte (da una media di 0.014 ppm nelle acque all'entrata a una media di 0.243 nelle acque all'uscita); l'aumento di NH_4 è di circa 16 volte (da una media di 0.05 ppm nelle acque in entrata a una media di 0.79 ppm nelle acque all'uscita).

È stato controllato anche l'andamento orario delle variazioni nel contenuto di PO_4 delle acque di alcune stazioni di prelevamento nella zona delle trotiere. I dati riportati nel Prospetto 10 indicherebbero nelle acque di scarico (stazione S_3 al 20 ottobre 1972) tre punte massime: alle ore 9, alle ore 11 e alle ore 13. Questi massimi non trovano sempre corrispondenza coi massimi rilevati nelle acque di confluenza (stazione C_1) (Fig. 4).

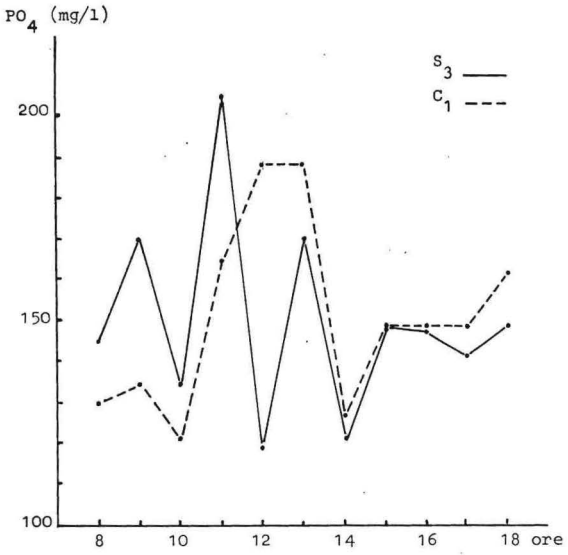

Fig. 4 - Variazioni orarie di PO_4 nelle acque nelle stazioni di campionamento S_3 e C_1.

c) Le acque lungo l'asta del fiume Stella fino alla foce.

In due giorni consecutivi dell'ottobre 1973 sono state campionate le acque lungo l'asta del fiume Stella nelle stazioni indicate nella fig. 1.

I campionamenti delle acque sono stati sempre eseguiti nella parte mediana del fiume lontano dalle sponde *). Le ore e le condizioni dei campionamenti sono indicate nei Prospetti 2, 3 e 4 per ogni singola stazione. Negli stessi Prospetti sono riportati i risultati analitici delle acque.

Le variazioni nella composizione chimica e nelle proprietà fisiche delle acque del fiume sono messe in evidenza ponendo come base di confronto le acque all'origine (campione n. 1 Polla di risorgiva Macilárs) (Prospetto 2).

Campione n. 2: Patóc - Canale ASIA). L'acqua è stata campionata immediatamente a valle di una grossa trotiera (ASIA). Si nota un sensibile aumento degli ioni NH_4 e PO_4 e una diminuzione, di difficile interpretazione, dell'ione NO_3. Per tutti gli altri ioni le variazioni possono rientrare nelle fluttuazioni non attribuibili a particolari cause di perturbazione. Viene confermato quanto è stato già descritto in precedenza.

Campione n. 3: Stalla-Taglio Ponte Romans-Sterpo (Prospetto 2) Stazione situata immediatamente a valle di una serie di grosse trotiere: raccoglie gli scarichi

---

*) Ringraziamo il «Consorzio per la bonifica e lo sviluppo agricolo della Bassa Friulana» e l'«Ente tutela pesca del Friuli-Venezia Giulia» per l'assistenza fornitaci nella esecuzione dei campionamenti.

di tutte le trotiere a monte.

Nell'acque di questo campione si rileva un arricchimento dei cationi Na, K e NH_4 e degli anioni HCO_3, Cl e, in modo particolarmente elevato, PO_4. Diminuiscono i solfati e i nitrati.

In questo tratto di fiume immette le sue acque di piena - fortemente torbide per materiale terroso in sospensione - il Torrente Corno. In un giorno di piena di questo Torrente (25 luglio 1974) abbiamo avuto occasione di mettere in evidenza analiticamente la funzione di «pulitura» che svolge il materiale terroso sospeso nei riguardi del fosforo disciolto nelle acque. Il fenomeno è illustrato nello schema della figura 5. Le acque che contenevano una certa quantità di fosforo in soluzione prima della immissione del Corno, hanno perduto completamente questo fosforo perché adsorbito sul materiale terroso in sospensione portato dalle torbide di piena del torrente. Questo materiale in sospensione si deposita nel fondo del fiume a mano a mano più a valle costituendo sedimenti fangosi ricchi di fosforo. Le possibili conseguenze di questa situazione verranno illustrate nella parte riservata ai rilievi eseguiti sui fanghi di fondo.

Campione n. 4: Flambruzzo (Prospetto 2). L'acqua è stata prelevata nel fiume Stella nei pressi e a monte del paese di Flambruzzo. Anche in questo campione le acque risultano inquinate degli stessi ioni del campione precedente. Particolarmente elevata è la concentrazione del fosforo.

Il campione n. 5: Ariis (Prospetto 3) è stato prelevato nel fiume Stella dopo la confluenza del fiume Stalla-Taglio nei pressi e a monte del paese di Ariis. Le

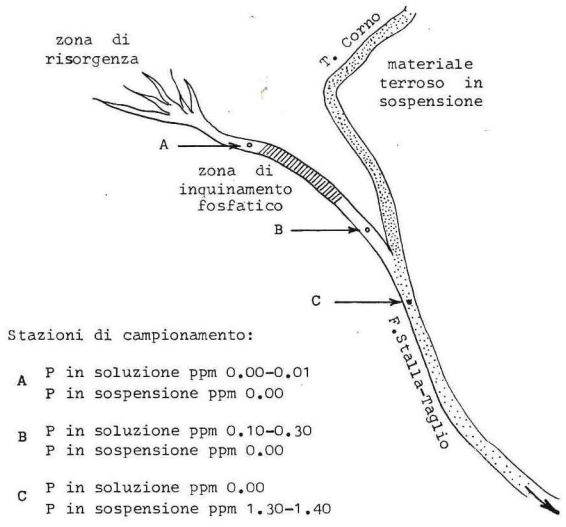

Fig. 5 - Illustrazione schematica del processo di «ripulitura» del fosforo per opera di apporti fangosi.

concentrazioni ioniche di questa acqua sono dovute alla mescolanza delle acque dei due campioni precedenti.

L'acqua del campione n. 6 (Prospetto 3) è stata prelevata nel fiume Torsa, affluente dello Stella, immediatamente a valle di un impianto troticolo. Quest'acqua dimostra all'incirca lo stesso grado di inquinamento rilevato nelle acque del fiume Stella.

I tre campioni successivi (n. 7, 8 e 9 dei Prospetti 3 e 4) si possono ritenere largamente rappresentativi della composizione media definitiva delle acque del fiume Stella dopo aver ricevuto sia le acque reflue delle trotiere sia gli scarichi dei vari insediamenti urbani e agricoli posti a monte. Dalla località «Madonna della Neve» il fiume Stella praticamente non riceve più alcun altro scarico importante.

La composizione chimica media di questi tre campioni d'acqua confrontata con la composizione delle acque all'origine offre il seguente quadro: in aumento gli ioni Na, K, NH_4, Cl, PO_4 costanti gli ioni Ca, Mg e HCO_3; in diminuzione gli ioni NO_3 e SO_4.

Particolarmente elevate sono le concentrazioni degli ioni NH_4 e PO_4.

Le acque dei campioni n. 10 e 11 - Villa Carla e Fraida (Prospetto 4) risentono ormai l'influenza delle acque della laguna. All'altezza della stazione di campionamento «Fraida» si immettono le acque provenienti dall'idrovora che le raccoglie nel bacino di bonifica della «Fraida».

Anche in questo caso l'abbondante presenza di materiali terrosi in sospensione provoca una diminuzione molto rilevante della concentrazione del fosforo in soluzione.

Nelle acque che sfociano nella laguna di Marano (campione n. 12 Verto Grande) le quantità di fosfati in soluzione pur essendo diminuite per la «ripulitura» subita nel tratto precedente, rimangono tuttavia notevolmente elevate ai fini di una eutrofizzazione delle acque della laguna.

Le accentuate variazioni che sono state rilevate nella concentrazione del fosforo nelle acque del fiume Stella lungo il suo corso per la massima parte sono dovute a) in aumento, ad apporti di fosforo con acque reflue da insediamenti urbani o da allevamenti zootecnici, b) in diminuzione, a fenomeni di precipitazione o/e di adsorbimento su particelle solide sedimentabili immesse con scarichi di varia origine.

d) Sedimenti.

È ovvio che il contatto delle acque con i materiali di fondo possa portare delle variazioni nelle concentrazioni ioniche delle acque stesse. L'interscambio di sostanze fra sedimenti e acque è infatti uno degli aspetti fondamentali per la regolazione dello stato chimico e fisico dei corpi idrici.

Ne consegue che la verifica dell'esistenza di sedimenti o fanghi di fondo e la determinazione delle loro proprietà chimiche e fisiche risultano assolutamente indispensabili per illustrare la situazione di un corso d'acqua in un dato momento e poterne seguire l'evoluzione in tempi successivi.

I campionamenti dei sedimenti sono stati eseguiti con un apparecchio a strascico che poteva affondare nei fanghi non più di 5-8 cm: i sedimenti analizzati sono perciò di deposizione recente. Le ubicazioni dei prelevamenti sono quelle indicate precedentemente per le acque di superficie (Fig. 1). Si è avuto cura di effettuare i prelevamenti sempre verso il centro del fiume e comunque il più distante possibile dalle sponde.

Allo scopo di controllare l'origine dei fanghi di fondo sono stati campionati e analizzati i profili di tre terreni scelti fra i tipi più diffusi presenti nella zona medio-alta del bacino dello Stella e nelle vicinanze del fiume.

I risultati analitici riportati nel Prospetto 11 permettono di stabilire che i terreni delle sponde non hanno praticamente contribuito alla formazione dei fanghi di fondo. Non si può infatti pensare che sponde basse e folte di vegetazione come sono quelle dei fiumi delle risorgive possano apportare contributi di fango tanto consistenti come quelli che si incontrano sotto il filone d'acqua lungo tutto il corso alto e medio dello Stella.

La consistenza dei sedimenti - che a detta degli abitanti del posto è notevolmente aumentata in questi ultimi tempi - può essere causata per una parte dagli apporti terrosi dovuti alla recente immissione diretta delle acque di piena del Torrente Corno nell'alveo del fiume Stalla-Taglio, per altra parte dagli affluenti cloacali urbani e dagli scarichi di allevamenti. Mancano quasi del tutto nella zona lungo il fiume importanti insediamenti industriali.

Le caratteristiche fisiche e la composizione chimica dei fanghi di fondo alle varie stazioni di campionamento sono riportate rispettivamente nei Prospetti 12 e 13.

Il fosforo e l'azoto sono senza dubbio gli elementi chimici di maggior interesse agli effetti dell'inquinamento delle acque. Dello stato in cui si trovano nei fanghi sarà detto più avanti. Si ritiene opportuno illustrare prima brevemente la dinamica di questi due elementi e i loro possibili passaggi dalle acque ai sedimenti e dai sedimenti alle acque.

L'arricchimento dei fanghi avviene principalmente mediante sedimentazione di composti insolubili o mediante fenomeni di adsorbimento su particelle sedimentabili in sospensione o, infine, mediante fenomeni di complessazione con la sostanza organica.

In precedenza è stato fatto cenno alla «ripulitura» del fosforo dalle acque operata dalle torbide di piena del torrente Corno. Le stesse torbide terrose possono adsorbire l'NH_4 che si trova in soluzione nell'acqua e che passa nei fondali per sedimentazione delle particelle adsorbenti.

Fra i fattori di scambio di azoto e fosforo fra sedimenti e acque dobbiamo considerare come particolarmente importanti i seguenti: il potenziale di ossido riduzione, i valori di pH, le quantità di sostanza organica, di calcare e di ossidi di ferro liberi, la costituzione mineralogica delle argille.

Il potenziale di ossido-riduzione (Fig. 6) determinando lo stato di ossidazione del ferro definisce il rapporto fra ferro-ferrico e ferro-ferroso. Si sa che una buona parte del fosforo è adsorbita su ossidi-idrossidi di ferro-ferrico. Ora, quando il potenziale redox diminuisce, il ferro-ferrico degli idrossidi diventa ferro-ferroso e gli idrossidi si sciolgono liberando il fosforo adsorbito. Lo stesso processo si verifica anche nei fosfati di ferro precipitati.

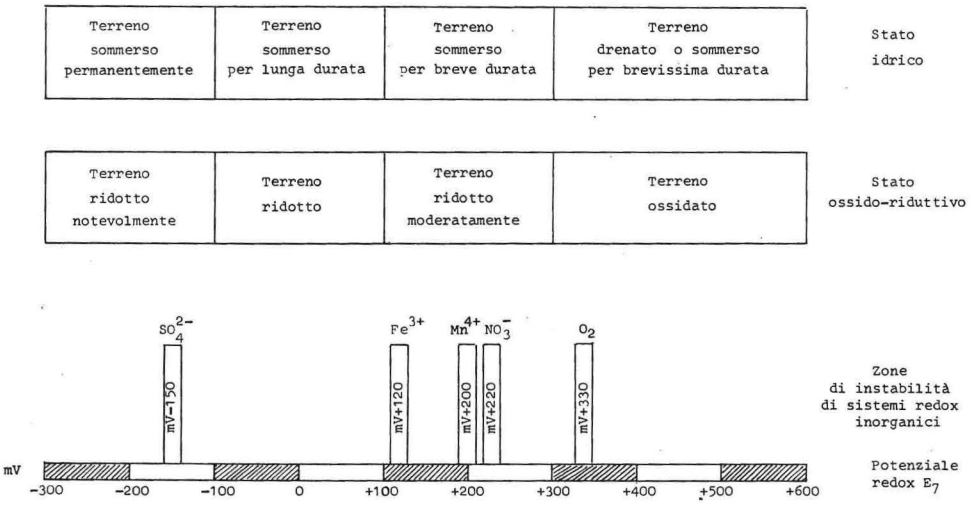

Fig. 6 - Rapporti fra stato idrico, stato ossido-riduttivo e zone in instabilità di alcuni sistemi redox nei terreni e nei sedimenti.

La sostanza organica può avere un ruolo importante influendo sul potenziale redox. La quantità di ossigeno disciolto dall'aria nell'acqua è normalmente sufficiente ad ossidare soltanto un piccolo strato (da meno di 1 mm ad alcuni cm) dei fanghi del fondo. Così gli strati più interni diventano ridotti. Se poi la zona di sedimento a contatto con l'acqua è ricca di sostanza organica, lo strato ossidato nell'interfaccia terreno-acqua si riduce a uno spessore molto piccolo o addirittura non si forma affatto giacché l'ossigeno fornito dall'acqua viene completamente consumato nella ossidazione chimica e biologica della sostanza organica. Al contrario in un sedimento povero di sostanza organica, sommerso da acqua ricca di ossigeno, lo strato ossidato può assumere spessore notevole specialmente se il sedimento ha una tessitura grossolana che facilita il passaggio dell'acqua e fa

aumentare la diffusione dell'O_2. Ovviamente lo spessore dello strato di ossidazione dipende anche dalla quantità di O_2 disciolto nell'acqua. Secondo Mortimer [13] quando la concentrazione di O_2 è minore di 2 mg/litro vengono liberati dai sedimenti, coi processi precedentemente citati, maggiori quantità di fosfati: questa situazione non si verifica mai nel fiume Stella che mantiene sempre acque altamente ossigenate.

Pertanto lo strato di ossidazione all'interfaccia sedimento-acque costituisce una barriera al passaggio del fosforo solubilizzato negli strati ridotti dei sedimenti, barriera più o meno efficace a seconda delle condizioni più sopra descritte.

La determinazione del potenziale redox fornisce quindi una indicazione molto valida per la valutazione di un possibile passaggio di fosforo dai sedimenti alle acque.

Questa determinazione dovrebbe essere eseguita sul sedimento indisturbato. In pratica essa viene fatta immediatamente sul posto del campionamento ma, per forza maggiore, sul campione prelevato e quindi sul sedimento rimaneggiato e, per di più, anche variamente esposto all'aria. I potenziali redox così determinati sono sicuramente diversi da quelli che sono in realtà nei fanghi deposti sul fondo. Mantengono tuttavia un valore indicativo di non poca importanza.

Negli strati di sedimento da noi esaminati, di spessore non superiore a 7-8 cm, sono stati rilevati tre campioni, in tre diverse stazioni, aventi un potenziale redox con valori negativi.

Nei casi qui esaminati la correlazione statistica fra potenziale di ossido-riduzione e quantità di fosforo libero nell'acqua interstiziale dei sedimenti (vedi Prospetto 14) è risultata nulla ($r=0.090$). La elevata ossigenazione delle acque presenti in tutto il corso dello Stella evidentemente è un fattore molto importante nel favorire la formazione dello strato di ossidazione nell'interfaccia sedimento-acqua.

La sostanza organica nei sedimenti - nei casi esaminati - raggiunge percentuali piuttosto elevate: in media 9.84% sulla sostanza secca.

Questa ricchezza di sostanza organica influisce negativamente sulla formazione dello strato di ossidazione e di conseguenza favorisce la solubilizzazione dei fosfati. I bassi valori del potenziale redox tendono a mobilizzare anche l'azoto: diminuisce l'NO_3 per un processo di denitrificazione, aumenta l'NH_4 perché la mineralizzazione dell'azoto organico si arresta alla fase di ammonio per l'assenza dell'ossigeno necessario al processo di nitrificazione.

In tale situazione la possibile dinamica dell'azoto è illustrata dallo schema della fig. 7.

Un interessante particolare riveste la situazione rilevata sul fiume Torsa - affluente di sinistra dello Stella.

Il prelevamento è stato eseguito a valle di una trotiera che - a differenza

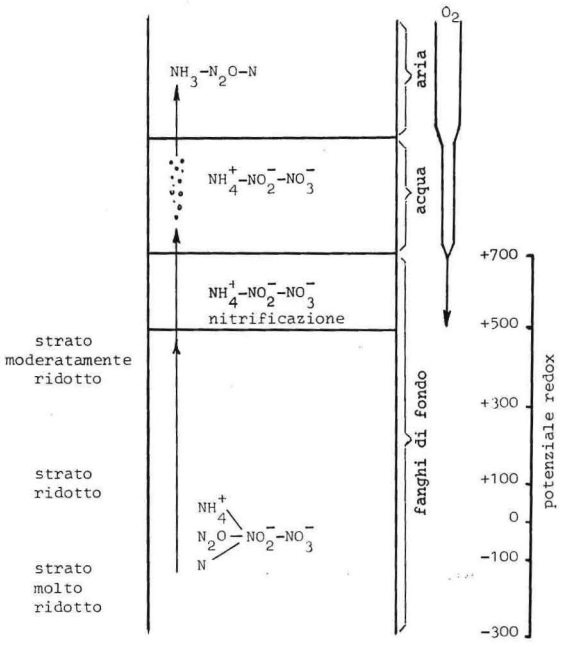

Fig. 7 - Schema delle trasformazioni e dei movimenti di N nei terreni sommersi.

delle altre trotiere che sono di recente impianto - ha già una ventina di anni di attività.

È sintomatico che in questo caso siano stati rilevati: un potenziale redox negativo (−3 mV), un fortissimo accumulo di sostanza organica (15.48% contro una media generale del 9.8%), un elevato tenore di azoto (0.895% contro una media generale dello 0.321%), e di P_2O_5 (0.853% contro una media generale dello 0.159%).

Sembra ragionevole attribuire tale stato di cose alla prolungata attività della trotiera che sta immediatamente a monte della stazione di campionamento. Se così fosse si dovrebbe dedurre che i grossi impianti troticoli a lungo andare possono lasciare dei sedimenti pericolosi per l'eutrofizzazione delle acque.

Nei riguardi delle forme del fosforo presente nei sedimenti (Prospetto 14) due situazioni sono degne di nota: a) la bassa percentuale di fosforo organico relativamente al fosforo totale e b) la elevata presenza di fosforo in forma idrosolubile.

Il fosforo organico raggiunge in media il 26% del fosforo totale e non supera mai il 50% (soltanto in due casi si alza a poco più del 40%). Nei terreni della bassa pianura friulana il fosforo organico soltanto raramente si abbassa al di sotto del 50% del fosforo totale.

Il fosforo idrosolubile presente nell'acqua interstiziale dei fanghi rappresenta

nella media generale il 7.7% del fosforo inorganico dei sedimenti. Le quantità rilevate sono molto alte.

Queste quantità, che sono di gran lunga più alte di quelle che possono essere rilevate nei normali terreni agrari friulani, indicano che è in atto una attiva mobilizzazione del fosforo depositato nei sedimenti. Il meccanismo chimico con cui si attua la solubilizzazione del fosforo è probabilmente quello indicato in precedenza. Ne darebbe conferma anche il frazionamento del fosforo inorganico effettuato in alcuni fanghi di fondo.

Il frazionamento è stato ottenuto col procedimento di Chang e Jackson. Questo metodo non è certo esente da critiche, permette tuttavia di differenziare, con una sufficiente approssimazione, gruppi di combinazioni fosfatiche di determinato significato chemio-pedologico. Nella media si osserva che circa il 4% del fosforo inorganico totale dei fanghi è legato all'alluminio; circa il 3% è legato al ferro, circa l' 89% è legato al calcio e poco più dell' 1% è occluso entro rivestimenti di idrossidi di ferro. Nei terreni idromorfi del bacino dello Stella nella zona di Sterpo (dati riportati nello stesso Prospetto 17) si osserva che in media il 14% del fosforo è legato all'alluminio, il 17% è legato al ferro, il 42% è legato al calcio e il 24% si trova occluso negli idrossidi di ferro.

Dal confronto di queste medie dei terreni con le medie dei fanghi si può ragionevolmente concludere che nei fanghi si verifichi una parziale liberazione del fosforo legato all'alluminio e al ferro e di quello occluso dagli idrossidi ferrici per riduzione del ferro e conseguente solubilizzazione di questi composti. Il fosforo sarebbe poi in parte re-insolubilizzato come fosfato di calcio.

Tutto quanto precede può dimostrare che i sedimenti hanno la capacità di agire come dei sistemi tampone che possono regolare la concentrazione del fosforo e dell'azoto (e di altri elementi) nelle sovrastanti acque mediante processi di rigenerazione del fosforo e dell'azoto che si vanno a mano a mano accumulando con la sedimentazione del materiale solido apportato da scarichi di varia origine.

Per meglio caratterizzare i fanghi di fondo sono stati eseguiti i diffrattogrammi delle argille separate da alcuni campioni di fanghi. I risultati sono riportati nel Prospetto 18 *).

Ci è sembrato di interesse eseguire la determinazione del rame totale nei sedimenti in considerazione dell'uso di questo elemento nella disinfezione delle trotiere [11].

Il contenuto di rame dei fanghi all'inizio del fiume e nei torrenti della zona di risorgenza (Sterpo e Virco) è dell'ordine di 10-15 ppm. Nei fanghi di qualsiasi altro tratto del fiume il contenuto varia da un minimo di circa tre volte a un massimo di circa dieci volte quello dei fanghi «naturali» (Prospetto 19).

Esiste evidentemente un apporto non «naturale» di rame nei fanghi.

---

*) Ringraziamo il prof. Piero Comin Chiaramonti dell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Trieste per essersi cortesemente prestato ad eseguire gli esami diffrattometrici delle argille.

II. Canali collettori di bonifica.

Le stesse modalità di esecuzione e le stesse impostazioni date allo studio delle acque e dei sedimenti del F. Stella sono state impiegate nelle ricerche sullo stato di inquinamento delle acque di colatura dei bacini di bonifica della Bassa Friulana.

L'ubicazione delle stazioni di campionamento (idrovore) e indicata nella cartina della fig. 1.

Per l'interpretazione dei risultati analitici è di importanza fondamentale tener presente - per l'attuale ricerca - l'epoca e le modalità dei campionamenti.

La nostra ricerca aveva lo scopo di mettere in evidenza se, ed eventualmente in quale grado, le normali pratiche agrarie potevano concorrere al deterioramento qualitativo delle acque emunte dai bacini di bonifica. A tal fine ci è sembrato più opportuno effettuare i campionamenti in una stagione di media piovosità (in settembre), stagione in cui le idrovore entrano in funzione non con molta frequenza e in cui i canali secondari scaricano soltanto modeste quantità di acqua.

I campionamenti sono stati portati a termine in tutte le idrovore nel giro di pochi giorni e pertanto tutti praticamente nelle medesime condizioni meteoroclimatiche. I dati analitici devono perciò ritenersi perfettamente confrontabili fra loro.

Non vi è dubbio che, nelle situazioni di questa ricerca, la qualità delle acque sottoposte ad analisi debba dipendere unicamente, o quasi, da fattori e cause agrarie: sostanze provenienti dai terreni agrari per percolazione (emunzione) o per ruscellamento o per erosione solida oppure da scarichi o da perdite incontrollate derivate da allevamenti zootecnici insediati nel territorio di bonifica.

I risultati analitici generali riguardanti le acque sono riportati nei Prospetti 20, 21 e 22.

Una valutazione generica globale dello stato qualitativo delle acque può essere fornita dal loro grado di salinità totale ossia dai valori della conducibilità elettrica oppure dai valori del residuo fisso.

Sotto questo punto di vista soltanto le acque di cinque idrovore rivelano valori di conducibilità elettrica decisamente anomali: idrovora Augusta, idrovora Terranova, idrovora Salmastro, idrovora Cà Ospitale e idrovora Dei Sacchetti.

I gradi di salinità di queste cinque acque sono talmente elevati da far escludere che essi possano provenire dalla percolazione e dilavamento dei terreni dei relativi bacini di raccolta. Se infatti si confrontano i livelli di salinità, espressi come conducibilità elettrica, con quelli indicati nella tabella che segue si dovrebbe dedurre che i terreni, da cui le citate acque derivano, siano tanto salini da non permettere un normale sviluppo di molte piante che invece sono presenti, diffuse e comunemente coltivate nella zona.

Se si considera poi la qualità degli ioni che contribuiscono ad elevare in misura maggiore i valori della conducibilità elettrica di quelle cinque citate acque

Tolleranza delle colture alla salinità espressa in conducibilità elettrica (m mhos/cm) dai dati dell'«U. S. Salinity Laboratory Staff» [19]

	Produzioni ridotte del 10% alla salinità di m mhos/cm	Produzioni ridotte del 25% alla salinità di m mhos/cm	Produzioni ridotte del 50% alla salinità di m mhos/cm
Orzo	12-16	16-18	18
Barbabietola da zucchero	10-13	13-16	16
Frumento	7-10	10-14	14
Mais	5-6	6-7	7
Sorgo	6-9	9-12	12
Fagioli	1-2	2-3	3
Patate	2-4	4-6	6
Cavoli	2-4	4-7	7
Erba medica	3-5	5-8	8
Trifogli	2-3	3-4	4

si rileva che essi sono rappresentati da ioni Na, Cl e SO_4 (Prospetti 20, 21 e 22) ossia da ioni scarsamente presenti nei terreni circostanti, terreni notoriamente non salsi.

Pertanto si può ritenere che questi elevati gradi di salinità possano presumibilmente trarre origine da liquami animali accidentalmente scaricati in qualche canale secondario della bonifica e provenienti dai grossi nuclei di allevamenti bovini e suini presenti nel territorio dei singoli bacini di bonifica.

Ad ulteriore conferma di questa ipotesi starebbero anche gli elevati rapporti Na/K delle acque.

Nei riguardi dell'azoto non si osservano notevoli differenziazioni fra le acque esaminate: tutte contengono ioni NH_4 e ioni NO_3 ma in percentuali relativamente basse. I contenuti di NH_4 si aggirano intorno a valori medi di 3 ppm (min. 1.8; max 4.9) e i contenuti di NO_3 intorno a valori medi di 7 ppm (min 2.5; max 17.4).

Anche nell'azoto dei sedimenti (Prospetto 27) non si rilevano particolari situazioni. Nei fanghi di fondo i contenuti di azoto totale si aggirano sui valori dei normali terreni agrari (media 0.244% compresa fra un minimo di 0.088% e un massimo di 0.420%) con percentuali basse di NO_3 e invece con percentuali relativamente elevate di NH_4. Questa situazione deriva, con ogni probabilità, dalla mobilità dell'azoto nei terreni sommersi secondo lo schema illustrato in precedenza (fig. 7).

Di maggior interesse sono le situazioni che si rilevano nei riguardi del fosforo. Secondo la maggior parte degli Autori la concentrazione minima di fosforo

nell'acqua per uno «esplosivo» sviluppo di alghe, dovrebbe raggiungere il valore di 20 ppb (come P).

Secondo altri Autori una concentrazione di 10 ppb (come P) sarebbe già sufficiente a dar luogo a un eccessivo sviluppo di alghe se tutte le altre condizioni sono favorevoli.

In ogni caso i quantitativi necessari per una eutrofizzazione sono estremamente bassi e molto spesso raggiungibili nelle acque che scorrono in zone intensamente attive e popolate.

La International Joint Commission, responsabile della «salute» dei grandi laghi del Nord America, non esita ad indicare nel fosforo la causa principale della morte delle acque di quei grandi bacini idrici.

Dai dati riportati nel Prospetto 23 si può osservare che tutte le acque hanno un contenuto di fosforo in soluzione che supera il valore di 20 ppb, supera cioè il limite della eutrofizzazione fosfatica dell'acqua. Tuttavia occorre tener presente che le acque di colatura di quasi tutti i bacini di bonifica della Bassa Friulana vengono scaricate in corsi d'acqua con portate di entità varia ma comunque sempre tale da effettuare una forte diluizione del carico fosfatico.

Agli effetti della nutrizione vegetale - quindi anche delle alghe - solamente il fosforo in soluzione e in forma di ione ortofosforico può essere ritenuto immediatamente attivo. Per di più le altre forme dell'elemento in soluzione nelle acque esaminate sono risultate o presenti in quantità estremamente basse e di nessuna importanza (composti fosforati organici) oppure completamente assenti (polifosfati).

Si sa che i polifosfati - se eventualmente presenti - derivano per lo più dai detersivi. Essi hanno una vita temporanea giacché idrolizzano, più o meno velocemente, a ortofosfati. In acque pure e neutre l'idrolisi è un processo piuttosto lento che può durare diverse settimane, ma in acque sporche e contaminate l'idrolisi (enzimatica) procede piuttosto rapidamente e può completarsi anche nel giro di poche ore (Devey e al. 1973) [7].

Perciò l'accertata assenza di polifosfati nelle acque dei canali di bonifica, acque in generale certamente non pulite, non è sufficiente per poter affermare che non ci sia stato un apporto iniziale di polifosfati provenienti - nell'eventualità di una loro presenza - quasi sicuramente da detersivi.

Tenendo in considerazione unicamente l'ione ortofosforico si può rilevare che soltanto le acque di tre idrovore - e precisamente dell'idrovora Augusta, dell'idrovora Terranova e dell'idrovora Dei Sacchetti - hanno un carico fosfatico di una certa consistenza: un volume d'acqua dell'idrovora Augusta (bacino di Isola Morosini) potrebbe eutrofizzare 72 volumi di acqua priva di fosforo; 1 volume di acque dell'idrovora Terranova (bacino di Isola Morosini) potrebbe eutrofizzare 136 volumi; 1 volume di acqua della idrovora Dei Sacchetti (bacino del Brancolo) potrebbe eutrofizzare 40 volumi.

Non è improbabile che il maggior carico di fosforo di queste acque sia dovuto

a perdite di liquami dai grossi allevamenti zootecnici presenti nella zona.

La generale scarsità delle dotazioni fosfatiche dei terreni di tutti i bacini della bonifica della Bassa friulana e la natura prevalentemente calcarea dei substrati sono situazioni già sufficienti a far ritenere almeno poco probabile, se non del tutto impossibile, un arricchimento di fosforo (in soluzione) delle acque di percolazione emunte dalle scoline di bonifica e defluenti nei vari canali per finire nei collettori delle idrovore. Abbiamo tuttavia voluto eseguire un'indagine di sondaggio sul contenuto in fosforo del fondo dei canali secondari di un bacino preso come campione rappresentativo delle bonifiche della Bassa friulana: il bacino dell'Aussa-Corno che scarica le sue acque per mezzo delle idrovore Belvát, Cà Famula e Planáis.

Nei terreni di fondo di diversi canali le dotazioni sia del fosforo di pronta disponibilità (solubile in acetato sodico a pH 4.8 e solubile in H_2SO_4 2N) sia del fosforo totale (solubile in HNO_3 conc. boll.) in molti casi sono risultate alquanto elevate e di molto superiori a quelle dei terreni circostanti coltivati e normalmente concimati.

È stato poi possibile evidenziare che tale situazione era dovuta al fatto che in diversi canali di scolo venivano riversati liquami - per perdite accidentali - da grosse stalle ubicate nella zona. Infatti le dotazioni fosfatiche del fondo dei canali, elevate nella vicinanza delle stalle, diminuivano a una certa distanza da esse riprendendo infine i bassi valori dei terreni circostanti. Era evidente perciò che l'apporto fosfatico era del tutto estraneo ai terreni: era altrettanto evidente che tale apporto rimaneva quasi del tutto immobilizzato nel luogo dove l'apporto stesso si verificava.

Probabilmente questo processo di fissazione immediata non sarebbe avvenuto, o sarebbe stato molto attenuato, se l'acqua avesse avuto nei canali un corso continuo e non intermittente.

Le caratteristiche chimiche e fisico-chimiche dei fanghi di fondo delle idrovore, caratteristiche riportate nei Prospetti 24 e 25 sono state determinate per illustrare quelle condizioni che eventualmente potevano influire sulla dinamica del fosforo nei fanghi stessi e sugli interscambi del fosforo fra fanghi e acque.

Nel Prospetto 26 sono riportati i risultati analitici relativi alle forme di fosforo nei fanghi di fondo.

La concentrazione del fosforo in soluzione nell'acqua interstiziale dei fanghi, ossia nell'acqua dei fanghi separata per centrifugazione e filtrazione, sono risultate invariabilmente superiori alle concentrazioni del fosforo in soluzione nell'acqua a contatto coi fanghi: da un minimo di 2 volte nella idrovora di Terranova a un massimo di 40 volte nell'idrovora di Belvát; in media superiore di circa 10 volte.

È degna di nota l'altissima concentrazione di fosforo nell'acqua interstiziale dei fanghi dell'idrovora di Augusta: 1 volume di quest'acqua potrebbe eutrofizzare 700 volumi di un'acqua priva di fosforo.

Dalla elaborazione dei dati del Prospetto 26 si possono trarre alcune deduzioni interessanti la dinamica del fosforo.

Innanzitutto si può mettere in evidenza l'esistenza di una correlazione positiva fra la concentrazione di fosforo nell'acqua interstiziale e la concentrazione di fosforo nell'acqua soprastante ai sedimenti. Ciò farebbe ritenere che il fosforo dell'acqua possa derivare, almeno per buona parte, dal fosforo dei sedimenti. Diversi Autori hanno rilevato infatti che il rimaneggiamento dei fanghi di fondo porta spesso a un arricchimento di fosfationi nell'acqua.

Nelle situazioni da noi qui esaminate si può dar per certo che il sommovimento dei sedimenti si verifichi ogni qualvolta si attui un pompaggio da parte dell'idrovora. Tuttavia questo sommovimento non sempre può portare a una maggiore concentrazione di fosforo in soluzione nell'acqua. Due fattori possono concorrere a contrastare questo arricchimento: a) l'aumento della quantità di acqua al momento del pompaggio (si consideri infatti che la idrovora entra in funzione solamente quando si verifica un forte apporto di acqua nel collettore); b) una maggior quantità di materiale terroso in sospensione dovuta sia al sommovimento dei fanghi di fondo sia agli apporti di terra erosa dai campi e trasportata dall'acqua di ruscellamento. Il materiale terroso, come è stato già in precedenza accennato, è sempre molto attivo nel fissare per adsorbimento ioni fosforici sulla sua superficie.

Non esiste invece alcuna correlazione fra le concentrazioni di fosforo in soluzione - sia nell'acqua sovrastante ai sedimenti sia nell'acqua interstiziale dei sedimenti - e i tenori delle diverse forme di fosforo nella fase solida dei fanghi. Sembra evidente pertanto che le quantità dell'elemento che passano in soluzione non dipendano direttamente dalle quantità presenti nella fase solida dei sedimenti ma sono condizionate da altri fattori.

Fra i fattori importanti nel determinare i processi di scambio del fosforo (e dell'azoto) fra sedimenti e acque sono da considerare: il potenziale di ossidoriduzione, i valori di pH, le quantità di sostanza organica di calcare di ossidi di ferro liberi e la costituzione mineralogica delle argille.

È stato già in precedenza (pag. 12) accennato alla mobilità del fosforo e dell'azoto in dipendenza di tali fattori.

Per quanto riguarda il fosforo nei casi qui esaminati possiamo constatare che esiste una correlazione statistica negativa sufficientemente elevata e significativa fra i potenziali redox dei fanghi e il fosforo in soluzione nell'acqua interstiziale dei fanghi stessi. Questa correlazione dà ragionevole supporto a ritenere che il potenziale redox sia il fattore predominante e determinante nei processi di liberazione e passaggio del fosforo dai sedimenti alle acque.

Il frazionamento del fosforo organico eseguito sui sedimenti di alcune idrovore ha fornito ulteriori utili informazioni sulla possibilità di mobilizzazione del fosforo dei fanghi.

Dai risultati riportati nel Prospetto 29 si rileva che in media circa l' 86% del fosforo inorganico totale dei fanghi è legato al calcio; il 4% è legato all'allu-

minio; il 3% è legato al ferro; il 5% occluso entro rivestimenti di idrossidi di ferro; meno dell' 1% è rappresentato dal fosforo così detto di scambio. In una nostra precedente ricerca sul frazionamento del fosforo nei terreni della pianura friulana (Candussio, 1963) [4] era risultato che nei terreni calcarei della Bassa Friulana i gruppi frazionati avevano le seguenti percentuali medie: fosforo legato al calcio 74%, all'alluminio 4%, al ferro 3%, fosforo occluso 18%, fosforo di scambio 1%.

È ovvio ritenere che il materiale terroso dei fanghi dei canali collettori provenga dai terreni circostanti: le differenze più sopra illustrate possono perciò essere attribuite allo stato di sommersione dei terreni di fondo dei canali, sommersione che ha operato una diminuzione del fosforo legato al ferro per una parziale solubilizzazione dovuta alla riduzione del ferro e un conseguente aumento del fosforo legato al calcio.

In conclusione la situazione delle acque di colatura dei bacini di bonifica della Bassa Friulana nei riguardi del fosforo può essere schematizzata nei punti seguenti:

— i quantitativi di fosforo apportati dalle acque di colatura delle bonifiche ai corpi idrici naturali (fiumi, laguna, mare) sono di entità trascurabile;

— l'azione inquinante dovuta ai terreni e alle concimazioni è praticamente nulla;

— esiste un potenziale rischio di inquinamento fosfatico, specialmente di acque correnti, per scarichi o per perdite accidentali o anche per distribuzioni errate di liquami, inquinamento localizzato in prossimità di grossi allevamenti bovini e suini;

— i fanghi di fondo possono svolgere una importante funzione di stoccaggio del fosforo e una contemporanea azione tampone di regolazione della concentrazione del fosforo nelle acque.

RIASSUNTO

La ricerca aveva lo scopo di valutare il passaggio di fosforo e di azoto dai terreni agrari a corpi d'acqua superficiali situati nella pianura dell'Italia Nord-Orientale (Friuli-Venezia Giulia) e la dinamica degli interscambi degli stessi elementi fra fanghi di fondo e acque tenendo in considerazione le caratteristiche chimiche e fisico-chimiche sia dei sedimenti che delle acque.

È stata studiata la situazione riguardante i canali delle bonifiche della Bassa Friulana lungo il litorale dell'Alto Adriatico e il fiume Stella, fiume di risorgiva della bassa pianura friulana, praticamente privo di scarichi industriali e urbani e ricevente le acque effluenti da numerosi grossi allevamenti ittici a carattere industriale.

I risultati dello studio possono essere sintetizzati nei punti seguenti: a) i quantitativi di fosforo e di azoto apportati dai corpi idrici esaminati sono per lo più di scarsa entità; b) i terreni e le concimazioni svolgono una azione inquinante praticamente nulla; c) i sedimenti dei corpi idrici possono svolgere una importante funzione di stoccaggio di fosforo e di azoto, ma anche azioni tampone regolatrici delle concentrazioni di elementi eutrofizzanti nelle acque; d) esiste un potenziale rischio di inquinamento fosfatico, specialmente di acque correnti, per scarichi o perdite di deiezioni animali dove esistono grossi insediamenti zootecnici; e) dai grandi impianti troticoli industriali effluiscono azoto e fosforo in quantitativi molto limitati ma che accumulandosi nei sedimenti, possono costituire nel futuro pericolose fonti di eutrofizzazione delle acque.

SUMMARY

The research aimed to follow the transfer of phosphorus and nitrogen from cropland to surface waterbodies in the plain of N-E Italy (Friuli-Venezia Giulia) and to study the dynamics of interchanges of phosphorus and nitrogen from sediments to waters in connection with the chemical and physical characteristics of the waters and sediments.

It was considered particularly the situation in the canals of reclaimed land in the «Bassa Friulana» region along the northern coast of Adriatic Sea and in the Stella River which is free of industrial and town refuse but receives effluents from large industrial fisheries.

The results of the research can be summarized in the following points: a) concentrations of P and N in the examined waterbodies are very low and quite negligible; b) pollution derived from cropland is practically insignificant; c) the sediments in the waterbodies act as a sink for P and N but also as a buffer governing the concentration of eutroficating elements in the waters; d) there exists a potential risk of phosphatic pollution, particularly in running waters, due to discharges of sludges from local large commercial dairy-farms; e) the quantities of P and N flowing from large industrial trout-hatcheries are very small, they however accumulate in the sediments and constitute a hazard of water eutrophication at a future time.

RÉSUMÉ

Le but de notre recherche était celui d'évaluer le transfert de phosphore et d'azote des terrains cultivés à des eaux superficielles dans la plaine nord-est de l'Italie (Frioul-Vénétie Julienne), ainsi que la dynamique des échanges des mêmes éléments entre les sédiments et les eaux, en tenant compte aussi bien des caractéristiques chimiques et physico-chimiques des sédiments que des eaux.

Nous avons étudié la situation se rapportant aux canaux de colature dans la région «Bassa Friulana» le long du littoral de la Haute-Adriatique, et à la rivière Stella, rivière résurgente de la

basse plaine frioulane, pratiquement dépourvue de décharges industrielles et urbaines et recevant les eaux qui s'écoulent des nombreux grands viviers industriels de truites.

Les résultats de la recherche peuvent être résumés aux points suivants: a) les quantités de phosphore et d'azote apportées par les corps d'eau examinés sont en général de peu d'importance; b) les terrains cultivés et les engrais expliquent un effet polluant pratiquement nul; c) les sédiments des corps d'eau peuvent remplir l'importance fonction de stockage de phosphore et d'azote, mais aussi expliquer des actions de réglage des concentrations d'éléments eutrophiants dans les eaux; d) il y a un risque potentiel de pollution phosphatique surtout des eaux courantes par des décharges ou des pertes de déjections du bétail là où il y a de grandes exploitations zootechniques; e) du phosphore et de l'azote en quantité fort réduite s'écoulent des viviers industriels de truites, mais qui, en s'accumulant dans les sédiments, peuvent devenir dans la suite une source dangereuse d'eutrophisation des eaux.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Nachforschung hatte den Zweck das Durchdvingen von Phosphor und Stickstoff vom Ackerland zu den oberflächlichen Wasserkörpern in der nord-östlichen Ebene von Italien (Friaul-Venezia Giulia) und die Dynamik des gegenseitigen Austausches diesen chemischen Elemente vom Grundschlaum und Wasser mit Bezug auf die chemischen und physischen Eigensschaften, sei es des Grundschlaumes wie des Wassers, zu bewerten.

Die Lage bezüglich der Entwässerungs Kanäle in der «Bassa Friulana» Gegend, der nördlichen Adriatischen Küste und dem Stella Fluss entlang, welcher praktisch ohne industrielle und städtische Abwässer ist, und der Zuwässer von vielen grossen industriellen Fischzüchtereien erhält, ist besonders in Betracht gezogen worden.

Die Ergebnisse der Nachforschung können in folgenden Punkten zusammengefasst werden: a) die Mengen von Phosphor und Stickstoff in den untersuchten Wasserkörpern sind meinstens sehr gering; b) die Verunreinigung durch Ackerland und Düngung ist praktisch Null; c) die Ablagernugen in den Wasserkörpern können eine wichtige Rolle als Magazin für Phosphor und Stickstoff spielen, wie ebenso als regulierender Puffer der eutrophizierenden chemischen Elemente in den Wässern dienen; d) es besteht ein potentielles Risiko von Phosphat-Verunreinigung besonders in laufenden Wässern durch Gülle Obfuhr von grossen Tierzüchtereien; e) die Mengen von Phosphor und Stickstoff, die von grossen Forellenzüchtereien konnen, sind sehr gering, wenn sie sich jedoch in den Grundschlaum ausammeln, können sie später ein Risiko von Wasser Eutrophizierung werden.

BIBLIOGRAFIA

[1] BARBINA, G.: «Piscicoltura e ambiente nella Zona delle Risorgive con particolare riguardo al Basso Codroipese. III. Considerazioni economiche sull'allevamento della trota nella Zona delle Risorgive fra Tagliamento e Torre». Univ. di Trieste, Ist. di Geografia, Udine (1973).

[2] BROILI, L.: «La troticoltura. Ritratto di una attività produttiva. Progetto di insediamento a scopo ittiogenico nella zona delle risorgive». Assoc. Piscicoltori Ital., 7-15, Treviso (1973).

[3] CANDUSSIO, R.: «Ricerche sul fosforo dei terreni della pianura friulana. Distribuzione verticale di alcune forme di fosforo e della sostanza organica nei terreni ferrettizzati». Atti Acc. Lett. Arti di Udine, S. VII, Vol. V, 5-42 (1963).

[4] CANDUSSIO, R.: «Il "pool" del fosforo labile (isotopicamente diluibile) e le forme di fosforo nei terreni ferrettizzati arricchiti». *Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. di Gorizia,* N.S., 59 (1963).

[5] CANDUSSIO, R.: «Ricerche sulla "qualità" di acque freatiche della pianura friulana (Italia N-E) e considerazioni agro-chimiche sul loro impiego agrario». *Ann. Ist. Sper. Nutrizione delle Piante Sez. di Gorizia,* Vol. I, 91-148 (1971).

[6] CANDUSSIO, R., VISINTINI ROMANIN, M.: «Ricerche sul fosforo dei terreni della pianura friulana. Forme di fosforo nei terreni ferrettizzati». *Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. di Gorizia,* N.S., 34 (1963).

[7] DEVEY, D. G., HARKNESS, N.: «The significance of man-made sources of phosphorus: detergens and sewage». In JENKINS, S. H., IVES, K. J, (edit.) «Phosphorus in fresh water and the marine environment». Pergamon Press, Oxford, 35-54 (1973).

[8] FERUGLIO, D.: «Sulla composizione chimica delle acque sorgive del bacino del Fiume Stella in Friuli». *Mondo Sotterraneo Riv. di Speleologia Idrologia,* 9 (1-2), 1-22 (1913).

[9] FERUGLIO, D.: «La zona delle risorgive del Basso Friuli tra il Tagliamento e la Torre». *Ann. Staz. Chim. Agr. Sper. di Udine,* S. III, Vol. 1 (1925).

[10] HOWELER, R. H., BOULDIN, D. R.: «The diffusion and consumption of oxygen in submerged soils». *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.,* 35, 202-208 (1971).

[11] HEUT, M.: «Qualités des eaux à exiger pour le poisson». *La Tribune de Cebedau. Organe mens. du Centre Belge d'étude et de documentation des eaux.* Ed. Cebedoc, Liegi, 15 (219) 62-71 (1962).

[12] LORENZI, A.: «La provenienza delle acque e la regione sorgentifera del Fiume Stella nel Friuli». *Memorie Geogr. Suppl. alla Riv. Geogr. It.,* 15, Firenze (1911).

[13] MORTIMER, C. H.: «The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes». *J. Ecol.,* 29, 280-329 (1941).

[14] MUSI, F.: «Piscicoltura e ambiente nella Zona delle Risorgive con particolare riguardo al Basso Codroipese. II. Gli aspetti biofisici della Zona delle Risorgive e gli impianti di troticoltura». Univ. di Trieste. Ist. di Geografia, Udine (1973).

[15] PEARSALL, W. H., MORTIMER, C. H.: «Oxidation-reduction potentials in waterlogged soils, natural waters and muds». *J. Ecol.,* 27, 483-501 (1939).

[16] PONNAMPERUMA, F. N.: «The chemistry of submerged soil». In *Advances in agronomy,* 24 (Brady N. C., edit.), 29-88, Academic Press, New York (1972).

[17] ROLLA, P. A.: «La troticoltura. Ritratto di una attività produttiva. Esame dei problemi idraulici connessi con la costruzione di impianti destinati alla piscicoltura in una zona di risorgive». Assoc. Piscicoltori Ital., Treviso, 33-44 (1973).

[18] TELLINI, A.: «Le acque sotterranee del Friuli e la loro utilizzazione». *Ann. del R. Ist. Tecnico di Udine,* S. II, A. XVI (1898).

[19] U. S. SALINITY LABORATORY STAFF: «Diagnosis and improvement of saline and alkali soils». U. S. Department of Agriculture, Handbook 60 (1954).

[20] VALUSSI, G.: «Piscicoltura e ambiente nella Zona delle Risorgive con particolare riguardo al Basso Codroipese. I. Troticoltura e paesaggi». Univ. di Trieste. Ist. di Geografia, Udine (1973).

[21] VALUSSI, G.: «Piscicoltura e ambiente nella Zona delle Risorgive con particolare riguardo al Basso Codroipese. IV. Troticoltura e ambiente». Univ. di Trieste. Ist. di Geografia, Udine (1973).

[22] VECCHIA, O., WRACHIEN, D., MAGINI, A.: «Le acque sotterranee nella Pianura Friulana Orientale». Tip. Ambrosini Penne (1968).

[23] WILLOUGHBY, H., LARSEN, H.N., BOWEN, J.T.: «The pollution effects of fish hatcheries». *Amer. Fishes and U. S. Trout News,* 6, Sept.-Oct. (1972).

PROSPETTO 1 — *Fiume Stella. Caratteristiche chimiche e fisico-chimiche medie delle acque di risorgiva*

		Numero campioni	Valore massimo	Valore minimo	Valore medio	Em ±	Cv %
Caratteristiche fisico-chimiche:							
Temperatura	C°		12,9	11,8	12,4	0,1	2,2
Attività ioni H+ a 18° C	pH		8,00	7,40	7,73	0,02	1,6
Conducibilità elettrica a 25° C	µmhos/cm		513,3	428,2	461,3	4,4	5,0
Valutazioni chimiche diverse:							
Residuo fisso a 180° C	mg/l		337,9	283,6	305,1	2,7	4,6
Residuo fisso al rosso sc.	mg/l		230,5	171,7	200,3	3,1	8,0
Alcalinità in HCl N/10	mg/l		53,6	30,0	41,6	1,0	13,3
Durezza totale (in gr. fr.)	F°		31,6	25,2	28,3	0,3	4,9
Sali ammoniacali	(qualit.)		ass.	ass.	ass.	—	—
Nitriti	(qualit.)		ass.	ass.	ass.	—	—
Nitrati	(qualit.)		pres.	pres.	pres.	—	—
Sostanze disciolte:		27					
Na+	mg/l		7,40	1,75	3,08	0,26	44,1
K+	mg/l		1,50	0,11	0,60	0,07	67,1
Ca++	mg/l		90,00	72,00	79,26	0,98	6,4
Mg++	mg/l		26,00	15,90	20,67	0,55	13,8
Cl'	mg/l		10,00	3,30	5,61	0,34	31,7
F'	mg/l		0,102	0,018	0,042	0,004	52,8
I'	mg/l		0,0031	0,0015	0,0024	0,0001	21,7
SO''_4	mg/l		111,60	18,70	60,51	4,07	34,9
HCO'_3	mg/l		326,96	183,00	253,81	6,51	13,3
NO'_3	mg/l		23,33	2,36	12,05	0,96	41,4
PO'''_4	mg/l		0,060	0,000	0,015	0,003	95,2
H_3BO_3	mg/l		0,37	0,00	0,10	0,01	32,4
SiO_2	mg/l		15,90	2,70	6,88	0,73	55,6

PROSPETTO 2 — *Fiume Stella. Generalità e caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque campionate lungo l'asta del fiume (a)*

Località		Macilars - Polla di risorgiva			Patóc - Canale ASIA			F. Stalla Taglio			Flambruzzo		
Posizione geografca		lat. 45°55'34''; long. 0°34'13''			lat. 45°54'18''; long. 0°34'32''			lat. 45°54'0.07''; long. 0°36'53''			lat. 45° 53'05''; ong. 0°36'53''		
Data del campionamento		11 ottobre 1973, ore 8.30			11 ottobre 1973, ore 9.20			11 ottobre 1973, ore 9.50			11 ottobre 1973, ore 10.30		
Stato del cielo		sereno			sereno			sereno			sereno		
Temperatura dell'aria	C°	15.1			15.2			18.0			18.0		
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:													
Temperatura	C°	13.2			13.4			13.4			13.6		
pH a 18° C		8.16			7.84			7.82			8.08		
Eh_7 a 13° C	mV	480			416			373			409		
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	442			457			503			475		
Residuo fisso a 105° C	mg/l	327			338			383			348		
Residuo fisso a 180° C	mg/l	315			322			365			335		
Residuo fisso al rosso	mg/l	257			282			291			262		
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	38.0			37.0			64.8			54.4		
OD	mg/l	11.3			8.3			9.2			8.7		
Saturazione O_2	%	104			80			88			84		
COD	mg/l	0.1			1.1			4.2			3.2		
BOD_5	mg/l	0.4			2.3			3.3			1.5		
Putrescibilità	giorni	non putresc.			non putresc.			2			non putresc.		
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		2.60	0.113		2.90	1.126		6.80	0.295		7.50	0.326	
K+		0.86	0.022		0.87	0.022		4.81	0.123		1.82	0.046	
NH_4+		0.00	0.000		2.88	0.159		3.60	0.199		5.40	0.299	
Ca++		71.60	3.573		74.00	3.692		92.20	4.601		74.80	3.732	
Mg++		25.03	2.058		23.09	1.899		27.58	2.268		30.86	2.538	
			5.766			5.898			7.486			6.941	
Cl''		4.12		0.116	5.32		0.150	6.39		0.180	10.65		0.300
HCO'_3		231.80		3.799	225.70		3.699	395.30		6.479	331.80		5.438
NO'_2		0.000		0.000	0.276		0.006	0.003		0.0001	0.006		0.0001
NO'_3		5.33		0.086	1.62		0.026	0.07		0.001	0.04		0.0006
SO''_4		90.60		1.886	105.40		2.194	35.80		0.745	44.90		0.935
PO'''_4		0.024			0.23		0.007	2.68		0.084	6.19		0.195
				5.887			6.082			7.489			6.868

PROSPETTO 3 — *Fiume Stella. Generalità e caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque campionate lungo l'asta del fiume (b)*

Località		Ariis			Torsa			Case Nuove - Nord			Case Nuove - Sud		
Posizione geografca		lat. 45°52'16''; long. 0°37'25''			lat. 45°52'39''; long. 0°39'23''			lat. 45°46'00''; long. 0°37'00''			lat. 45°45'50''; long. 0°36'46''		
Data del campionamento		11 ottobre 1973, ore 11.15			11 ottobre 1973, ore 12.15			12 ottobre 1973, ore 9.45			12 ottobre 1973, ore 10.15		
Stato del cielo		sereno			sereno			sereno			sereno		
Temperatura dell'aria	C°	20.2			15.4			19.2			20.8		
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:													
Temperatura	C°	13.1			14.5			14.2			14.3		
pH a 18° C		7.94			8.04			7.76			7.75		
Eh_7 a 13° C	mV	393			377			372			369		
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	549			480			512			473		
Residuo fisso a 105° C	mg/l	426			355			368			333		
Residuo fisso a 180° C	mg/l	402			332			360			333		
Residuo fisso al rosso	mg/l	312			258			150			118		
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	73.4			59.2			62.2			55.8		
OD	mg/l	9.3			8.5			7.9			8.0		
Saturazione O_2	%	88			84			78			78		
COD	mg/l	8.0			3.6			2.6			4.3		
BOD_5	mg/l	1.1			3.0			2.0			0.8		
Putrescibilità	giorni	1			1			non putresc.			non putresc.		
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		7.50	0.326		6.10	0.265		7.80	0.339		7.00	0.304	
K+		3.73	0.095		1.99	0.051		2.82	0.072		1.91	0.049	
NH_4+		5.23	0.289		5.05	0.280		4.76	0.264		3.89	0.216	
Ca++		98.60	4.920		80.00	3.992		86.20	4.301		78.40	3.912	
Mg++		31.47	2.588		30.62	2.518		28.31	2.328		26.49	2.178	
			8.218			7.106			7.304			6.659	
Cl''		6.39		0.180	6.39		0.180	8.52		0.240	12.42		0.350
HCO'_3		447.70		7.338	361.10		5.918	379.40		6.218	340.40		5.379
NO'_2		0.063		0.001	0.013		0.0002	0.010		0.0002	0.002		0.0000
NO'_3		0.03		0.0005	0.041		0.0006	0.022		0.0003	0.049		0.0008
SO''_4		37.40		0.778	36.20		0.754	54.40		1.132	42.00		0.874
PO'''_4		4.08		0.129	4.50		0.142	5.65		0.178	6.19		0.195
				8.426			6.994			7.768			6.798

PROSPETTO 4 — *Fiume Stella. Generalità e caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque campionate lungo l'asta del fiume (c)*

Località		Madonna della Neve	Villa Carla	Fraida	Verto Grande
Posizione geografca		lat. 45°45'27''; long. 0°36'46''	lat. 45°45'28''; long. 0°37'38''	lat. 45°44'06''; long. 0°38'25''	lat. 45°43'54''; long. 0°38'18''
Data del campionamento		12 ottobre 1973, ore 11.00	12 ottobre 1973; ore 11.30	12 ottobre 1973, ore 12.30	12 ottobre 1973, ore 13.00
Stato del cielo		sereno	sereno	sereno	sereno
Temperatura dell'aria	C°	20.8	21.4	19.0	18.0
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:					
Temperatura	C°	14.4	14.3	15.3	14.5
pH a 18° C		7.88	8.07	8.22	7.96
Eh_7 a 13° C	mV	318	349	376	331
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	496	568	8104	2437
Residuo fisso a 105° C	mg/l	349	392	6560	1905
Residuo fisso a 180° C	mg/l	345	387	6121	1867
Residuo fisso al rosso	mg/l	213	183	5315	1649
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	48.2	76.4	41.6	40.2
OD	mg/l	8.2	8.1	8.7	8.0
Saturazione O_2	%	78	78	86	88
COD	mg/l	1.9	4.3	3.0	1.8
BOD_5	mg/l	1.1	0.9	1.3	0.9
Putrescibilità	giorni	non putresc.	2	non putresc.	non putresc.

	Madonna della Neve			Villa Carla			Fraida			Verto Grande		
	mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+	6.10	0.265		17.50	0.761		1.680.00	73.046		391.00	17.004	
K+	1.64	0.042		4.98	0.127		72.63	1.858		32.79	0.838	
NH_4+	5.84	0.324		6.67	0.369		2.88	0.159		2.52	0.139	
Ca++	68.80	3.433		94.80	4.730		103.00	5.139		47.00	2.345	
Mg++	33.05	2.718		34.75	2.858		241.66	19.874		77.40	6.365	
		6.782			8.845			98.220			26.691	
Cl''	14.20		0.400	15.62		0.440	3017.50		85.093	674.50		19.021
HCO'_3	294.00		4.818	446.00		7.637	253.80		4.159	245.20		4.019
NO'_2	0.056		0.0012	0.003		0.0000	0.085		0.0018	0.131		0.0028
NO'_3	0.678		0.0109	0.022		0.0003	0.315		0.0051	1.175		0.0189
SO''_4	79.80		1.661	25.60		0.533	522.70		10.882	208.20		4.334
PO'''_4	0.342		0.011	11.65		0.368	0.555		0.0175	0.555		0.0175
			6.902			8.978			100.158			27.413

PROSPETTO 5 — *Fiume Stella. Caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque campionate nella zona delle trotiere (a)*

Località		Ponte strada Rivignano - Flambruzzo F. Stella Taglio						Ariis - F. Stella					
Posizione geografca		lat. 45°52'54''; long. 0°36'04''						lat. 45°52'16''; long. 0°37'25''					
Data del campionamento		27 marzo 1973						27 marzo 1973					
Stato del cielo		sereno						sereno					
Temperatura dell'aria	C°	11.6			11.5			11.00			11.9		
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:		mattino ore 11.15			pomeriggio ore 16.00			mattino ore 12.00			pomeriggio ore 16.45		
Temperatura	C°	9.90			9.90			9.80			9.85		
pH a 18° C		8.20			8.18			8.20			8.18		
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	443			445			429			426		
Residuo fisso a 180° C	mg/l	317.1			318.6			307.2			305.3		
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	33.2			32.8			34.6			33.4		
OD	mg/l	11.9			10.5			10.9			11.0		
Saturazione O_2	%	94			90			90			90		
COD	mg/l	1.9			2.3			1.8			1.9		
BOD_5	mg/l	2.4			2.8			2.3			2.1		
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		anioni	cationi		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		5.40	0.235		5.80	0.252		6.00	0.261		5.20	0.226	
K+		0.69	0.017		0.89	0.023		0.72	0.018		0.80	0.020	
NH_4+		0.40	0.022		0.50	0.028		0.50	0.028		0.40	0.022	
Ca++		70.80	3.533		69.90	3.488		68.80	3.433		68.00	3.393	
Mg++		24.06	1.979		22.84	1.878		23.81	1.958		23.80	1.957	
			5.786			5.669			5.698			5.618	
Cl''		3.10		0.087	3.20		0.090	4.20		0.118	4.10		
HCO'_3		202.50		3.319	200.10		3.280	211.06		3.459	203.74		
NO'_2		0.100		0.002	0.120		0.0026	0.100		0.0022	0.120		0.0026
NO'_3		3.35		0.054	3.22		0.052	3.47		0.056	3.35		0.054
SO''_4		105.80		0.203	112.00		2.332	97.90		2.038	101.30		2.109
PO'''_4		0.188		0.0059	0.205		0.0064	0.150		0.005	0.228		0.007
				5.671			5.763			5.678			5.628

PROSPETTO 6 — *Fiume Stella. Caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque campionate nella zona delle trotiere (b)*

Località		Patoc - Pedradis: passarela Strangulin				Ponte strada Romans - Sterpo - F. Stalla Taglio			
Posizione geografca		lat. 45°54'14''; long. 0°34'41'				lat. 45°54'07''; long. 0°34'34''			
Data del campionamento		27 marzo 1973				27 marzo 1973			
Stato del cielo		sereno				sereno			
Temperatura dell'aria	C°	10.1		12.0		9.5		11.1	
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:		mattino ore 10.00		pomeriggio ore 15.00		mattno ore 10.30		pomeriggio ore 15.30	
Temperatura	C°	10.10		10.20		10.10		10.10	
pH a 18° C		8.18		8.16		8.20		8.18	
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	442		439		453		446	
Residuo fisso a 180° C	mg/l	316.2		314.1		324.1		319.0	
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	35.8		34.8		31.6		31.9	
OD	mg/l	10.5		10.4		11.8		11.2	
Saturazione O_2	%	90		91		92		90	
COD	mg/l	1.2		1.7		3.2		4.2	
BOD_5	mg/l	2.7		3.7		2.6		3.2	
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		7.80	0.339		7.60	0.330		7.50	0.326		7.20	0.313	
K+		0.79	0.020		0.75	0.019		0.80	0.020		0.81	0.021	
NH_4+		1.05	0.058		1.36	0.075		0.80	0.044		0.90	0.050	
Ca++		69.20	3.453		69.60	3.473		72.20	3.603		71.00	3.543	
Mg++		23.80	1.957		23.69	1.948		22.72	1.868		22.96	1.888	
			5.827			5.845			5.861			5.815	
Cl''		4.10		0.116	4.75		0.134	3.40		0.096	3.80		0.107
HCO'_3		218.30		3.578	212.30		3.479	192.70		3.158	194.60		3.189
NO'_2		0.120		0.003	0.150		0.003	0.100		0.0022	0.100		0.002
NO'_3		3.84		0.062	3.60		0.058	3.10		0.050	2.98		0.048
SO''_4		99.90		2.080	102.40		2.132	121.30		2.525	115.50		2.405
PO'''_4		0.281		0.007	0.281		0.007	0.214		0.007	0.188		0.006
				5.846			5.813			5.838			5.757

PROSPETTO 7 — *Fiume Stella. Caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque campionate nella zona delle trotiere (c)*

Località	Macilars - Polla di risorgenza				Patoc - Canale Asia			
Posizione geografca	lat. 45°55'34''; long. 0°34'13''				lat. 45°54'18''; long. 0°34'32''			
Data del campionamento	27 marzo 1973				27 marzo 1973			
Stato del cielo	sereno				sereno			
Temperatura dell'aria C°	10.2		11.8		9.5		11.1	
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:	mattino ore 9.00			pomeriggio ore 14.00			mattino ore 9.30			pomeriggio ore 14.30		
Temperatura C°	10.25			11.15			11.15			10.10		
pH a 18° C	8.14			8.09			8.06			8.22		
Conducibilità elettr. a 25° C µS/cm	436			440			439			429		
Residuo fisso a 180° C mg/l	312.1			315.2			314.7			307.4		
Alcalinità in HCl N/10 ml/l	34.6			35.9			36.2			34.0		
OD mg/l	9.9			11.3			11.0			10.1		
Saturazione O_2 %	86			98			98			87		
COD mg/l	1.7			0.1			0.1			0.6		
BOD_5 mg/l	4.4			0.3			0.2			3.6		
	mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+	2.54	0.110		2.80	0.122		7.20	0.313		6.80	0.296	
K+	0.88	0.022		0.62	0.016		0.80	0.020		0.87	0.002	
NH_4+	0.00	0.000		0.00	0.000		1.12	0.062		1.52	0.084	
Ca++	72.40	3.613		73.20	3.653		69.60	3.473		68.40	3.413	
Mg++	25.00	2.056		23.57	1.938		21.87	1.799		23.57	1.938	
		5.801			5.729			5.667			5.753	
Cl''	3.10		0.087	3.20		0.090	5.23		0.147	5.11		0.144
HCO'_3	218.90		3.588	220.80		3.619	207.40		3.399	211.10		3.460
NO'_2	0.000		0.0000	0.000		0.0000	0.150		0.0033	0.180		0.0039
NO'_3	4.16		0.067	4.60		0.074	4.33		0.070	3.72		0.060
SO''_4	101.00		2.103	96.40		2.007	97.60		2.032	108.10		2.126
PO'''_4	0.018		0.0006	0.020		0.0006	0.241		0.0076	0.348		0.0110
			5.845			5.791			5.659			5.805

PROSPETTO 8 — *Fiume Stella. Variazioni di N e di P nelle acque alle stazioni di prelevamento nella zona delle trotiere*

Località	Data	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	N tot.	PO_4^{3-}	P tot.	Rapp. N/P
P_1	11 ott. 1972	6.97	<0.001	<0.05	1.61	0.014	0.005	322
	6 marzo 1973	6.10	<0.001	<0.05	1.42	<0.005	0.002	710
	27 marzo 1973	5.50	<0.001	<0.05	1.28	0.020	0.007	183
P_2	11 ott. 1972	7.13	<0.001	<0.05	1.65	0.018	0.006	275
	6 marzo 1973	6.20	<0.001	<0.05	1.44	<0.005	0.002	720
	27 marzo 1973	5.33	<0.001	<0.05	1.24	0.024	0.008	155
P_3	11 ott. 1972	6.82	<0.001	<0.05	1.58	0.016	0.005	316
	6 marzo 1973	6.30	<0.001	<0.05	1.46	<0.005	0.002	730
	27 marzo 1973	5.10	<0.001	<0.05	1.19	0.018	0.006	198
S_1	11 ott. 1972	3.87	0.022	0.70	1.43	0.170	0.055	26
	6 marzo 1973	4.10	0.024	0.70	1.48	0.150	0.049	30
	27 marzo 1973	6.20	0.051	1.00	2.19	0.206	0.067	33
S_2	11 ott. 1972	8.21	0.056	0.70	2.40	0.377	0.123	20
	6 marzo 1973	4.02	0.044	0.70	1.47	0.366	0.119	12
	27 marzo 1973	4.33	0.051	1.00	1.77	0.241	0.079	22
S_3	11 ott. 1972	7.74	0.042	0.60	2.23	0.254	0.083	27
	6 marzo 1973	4.30	0.024	0.70	1.52	0.179	0.058	26
	27 marzo 1973	6.10	0.065	1.00	2.18	0.248	0.081	27
V_1	11 ott. 1972	9.60	0.003	0.60	2.64	0.308	0.100	26
	6 marzo 1973	3.90	0.002	0.40	1.19	0.275	0.090	13
	27 marzo 1973	3.84	0.002	0.70	1.41	0.281	0.092	15
V_2	11 ott. 1972	5.89	0.002	0.50	1.72	0.109	0.036	48
	6 marzo 1973	3.70	0.002	0.40	1.15	0.091	0.030	38
	27 marzo 1973	3.10	0.003	0.70	1.25	0.214	0,070	18
C_1	11 ott. 1972	7.90	0.006	0.50	2.18	0.205	0.067	33
	6 marzo 1973	5.80	0.005	0.50	1.70	0.201	0.066	26
	27 marzo 1973	3.90	0.006	0.50	1.27	0.214	0.070	18
C_2	11 ott. 1972	6.82	0.002	0.40	1.85	0.109	0.036	51
	6 marzo 1973	5.10	0.002	0.30	1.39	0.188	0.061	23
	27 marzo 1973	3.35	0.003	0.50	1.15	0.188	0.061	19
C_3	11 ott. 1972	6.35	0.002	0.20	1.59	0.107	0.035	45
	6 marzo 1973	5.50	0.001	0.40	1.55	0.150	0.049	32
	27 marzo 1973	3.47	0.002	0.50	1.17	0.150	0.049	24

PROSPETTO 9 — *Fiume Stella. Variazioni stagionali e diurne di PO_4 nelle acque alle stazioni di prelevamento nella zona delle trotiere*

		9 agosto 1972	18 agosto 1972	11 ottobre 1972	6 marzo 1973	27 marzo 1973	11 ottobre 1973
P_1	matt.	0.020	—	0.016	—	—	—
	pom.	0.018	—	0.014	<0.005	—	—
P_2	matt.	0.020	0.020	0.018	—	0.024	0.016
	pom.	0.020	0.025	0.018	<0.005	0.020	0.018
P_3	matt.	—	—	0.018	—	—	—
	pom.	—	—	0.016	<0.005	—	—
S_1	matt.	—	—	0.170	0.040	—	—
	pom.	—	—	0.134	0.150	—	—
S_2	matt.	0.254	0.305	0.377	0.366	0.241	0.228
	pom.	0.316	0.275	0.228	0.355	0.348	0.205
S_3	matt.	0.415	—	0.254	0.179	—	—
	pom.	0.348	—	0.138	0.170	—	—
V_1	matt.	0.295	0.281	0.308	0.275	0.281	0.246
	pom.	0.214	0.254	0.214	0.205	0.281	0.220
V_2	matt.	—	—	0.109	0.091	0.214	—
	pom.	—	—	0.180	0.150	0.188	—
C_1	matt.	—	0.228	0.205	0.201	—	0.138
	pom.	—	0.193	0.138	0.110	—	0.149
C_2	matt.	0.150	—	0.109	0.188	—	0.188
	pom.	0.107	—	0.148	0.029	—	0.205
C_3	matt.	—	—	0.107	0.150	0.172	0.150
	pom.	—	—	0.149	0.029	0.149	0.228

PROSPETTO 10 — *Fiume Stella. Variazioni orarie di PO_4 nelle acque in diverse stazioni di prelevamento nella zona delle trotiere*

Ore dei prelievi	18-8-1972		20-10-1972	
	P_2	C_1	S_3	C_1
8	0.020	0.109	0.145	0.130
9	n.d.	0.228	0.170	0.134
10	n.d.	0.251	0.134	0.121
11	0.019	0.241	0.205	0.165
12	n.d.	0.188	0.119	0.188
13	n.d.	0.196	0.170	0.188
14	n.d.	0.196	0.121	0.127
15	0.025	0.205	0.148	0.149
16	n.d.	0.193	0.147	0.149
17	n.d.	0.193	0.142	0.149
18	0.020	0.170	0.149	0.162
Valore max	0.025	0.251	0.205	0.188
» min	0.019	0.109	0.119	0.121
» med	0.021	0.197	0.150	0.151
» Em	—	0.011	0.007	0.007
» Cv	—	19	16	15

PROSPETTO 11 — *Fiume Stella. Caratteristiche fisiche e chimiche di terreni idromorfi nella zona delle risorgive*

Analisi fisico-meccanica		Zona alta				Zona intermedia				Zona bassa			
		Profondità in cm				Profondità in cm				Profondità in cm			
		0-6	6-20	20-35	35-70	0-6	6-20	20-35	35-70	0-6	6-20	20-35	35-70
Su terreno secco a 105°: (*)													
Scheletro super. a 10 mm	%	6.91	14.21	7.57	28.45	9.04	19.51	2.40	37.52	—	—	0.00	12.34
Scheletro da 10 a 5 mm	%	4.94	8.23	7.35	7.95	3.13	3.46	0.87	7.34	—	—	0.13	4.22
Scheletro da 5 a 3 mm	%	2.72	4.02	5.75	3.77	1.74	1.70	0.67	5.05	—	—	0.24	2.36
Scheletro da 3 a 2 mm	%	1.98	2.44	5.00	2.59	1.22	1.15	0.73	5.02	—	—	0.24	2.18
Scheletro da 2 a 1 mm	%	3.96	4.76	5.81	4.31	2.26	1.65	1.40	8.81	—	—	0.27	40.78
Scheletro totale	%	20.51	33.66	31.48	47.07	17.39	27.47	6.07	63.74	0.00	0.00	0.88	59.22
Terra fina (infer. a 1 mm)	%	79.49	66.34	68.52	52.93	82.61	72.53	93.93	36.26	100.00	100.00	99.12	48.56
Sulla terra fina (infer. a 1 mm) secca a 105°: (*) (sec. il metodo internazionale)													
particella con diametro da 1 a 0.02 mm (sabbia)	%	48.70	55.85	62.24	23.36	25.73	22.62	37.64	19.77	5.69	10.72	40.53	2.73
particella con diametro da 0.02 a 0.002 mm (limo)	%	18.99	19.87	14.28	5.55	8.42	5.19	14.27	2.47	14.28	16.37	19.39	3.33
particella con diametro infer. a 0.002 mm (argilla)	%	17.02	17.00	15.47	12.85	9.77	5.87	17.69	2.01	16.53	14.49	15.90	1.49
perdita per trattamento con H_2O_2	%	10.80	3.83	2.17	1.17	10.73	5.34	15.23	0.44	44.93	43.39	11.68	43.89
perdita per trattamento acido	%	4.49	3.45	5.84	57.07	45.35	60.98	15.17	75.31	18.57	15.03	12.50	0.047
Sulla terra fina (a 1 mm) secca all'aria:													
Sostanze sol. in HCl con. e boll.:													
Na_2O	%	0.039	0.064	0.047	0.087	0.046	0.049	0.202	0.043	0.058	0.105	0.099	0.090
K_2O	%	0.166	0.150	0.260	0.170	0.120	0.090	0.150	0.110	0.230	0.160	0.230	14.120
CaO	%	0.820	0.460	0.760	17.400	14.540	20.660	5.360	26.040	1.360	1.380	3.900	4.630
MgO	%	0.610	0.620	0.950	5.910	3.460	7.740	1.990	10.750	0.330	0.630	1.880	0.560
Fe_2O_3	%	1.920	2.420	2.460	2.900	1.920	1.500	2.540	1.260	1.460	1.600	1.360	5.140
Al_2O_3	%	5.040	4.080	6.580	8.620	7.400	5.200	4.580	2.800	4.060	4.200	4.040	0.008
Mn_3O_4	%	0.059	0.032	0.063	0.058	0.085	0.074	0.056	0.042	0.041	0.021	0.008	0.045
SO_3	%	tr	0.027	0.019	0.028	tr	0.116	tr	0.028	tr	tr	0.083	0.058
SiO_2	%	0.058	0.050	0.073	0.078	0.093	0.065	0.035	0.073	0.098	0.055	61.150	52.140
Residuo insolubile	%	71.940	82.680	78.980	35.650	31.930	30.670	56.790	23.290	17.950	20.090	0.058	0.043
P_2O_5 sol. in HNO_3 conc. boll.	%	0.036	0.012	0.019	0.025	0.056	0.029	0.048	0.030	0.068	0.054	4.600	15.900
CO_2 (carbonimetro)	%	0.600	0.200	0.330	20.100	15.000	24.310	5.950	31.980	1.120	1.300	10.680	0.950
H_2O igroscopica	%	4.620	2.830	3.390	2.100	3.770	1.990	5.720	0.450	11.390	14.360	11.460	6.080
Perdita a fuoco (detratta H_2O e CO_2)	%	14.920	6.640	5.530	5.890	21.010	8.070	15.180	2.470	61.830	55.460	10.460	36.156
$CaCO_3$ totale (da CO_2)	%	1.364	0.455	0.750	45.707	34.110	55.281	13.530	72.722	2.547	2.956	2.48	0.87
C organico (met. Walkley-Black)	%	5.33	2.05	1.11	0.51	3.06	1.84	2.63	0.23	10.03	9.89	4.575	1.450
Sostanze umificate (C org.x1.72)	%	9.167	3.527	1.906	0.882	5.265	3.180	4.532	0.397	17.292	17.050	0.534	0.096
N totale (met. Kjeldahl)	%	0.525	0.262	0.166	0.087	0.647	0.280	0.717	0.052	1.662	1.645	4.6	9.1
C/N		10.1	7.8	6.7	5.9	4.73	6.58	3.62	4.42	6.0	6.0	13.7	21.2
P_2O_5 assimilabile (met. Morgan-Peech)	ppm	25.7	18.8	8.8	10.0	27.5	3.7	3.7	5.0	9.6	10.8	30.0	25.0
K_2O assimilabile (met. Morgan-Peech)	ppm	95.0	20.0	55.0	20.0	62.5	50.0	25.0	117.5	28.5	26.0	7.60	7.62
pH in H_2O		7.0	6.95	7.25	7.75	7.60	7.75	7.70	7.90	7.35	7.25	6.80	7.65
pH in KCl N/1		5.80	5.00	5.35	7.10	7.35	7.60	7.30	7.90	6.75	6.45	n.d.	6.7
Calcare attivo (met. Drouineau)	%	n.d.	n.d.	n.d.	10.63	6.9	12.6	2.4	23.1	n.d.	n.d.	34.6	6.55
Capacità di scambio cationico	mq/100 g	28.7	15.8	22.7	12.1	28.8	13.2	31.0	14.8	97.9	100.8	19.68	tr

(*) I risultati sono stati riferiti alla terra secca a 105° per rendere direttamente comparabili i dati relativi ai singoli strati.

PROSPETTO 12 — *Fiume Stella. Caratteristiche fisiche e fisico-chimiche dei fanghi di fondo*

	(****) pH	(****) Eh_7 (a 13° C) mV	Scheletro %	Terra fina %	(***) Sabbia mm 1-0.02 %	(***) Limo mm 0.02-0.002 %	(***) Argilla mm 0.002 %	Perdite per trattam. acido (carbon., sali solubili) %	Perdite per trattam. ossid. (sost. organica) %	Fe libero %	Al libero %	N totale %	$CaCO_3$ (da CO_2) %	Humus (C× 1.724) %
1. Macilars - Polla di risorgiva	7.74	(**)	96.6 (*)	3.4 (*)	100.00(*)	0.00 (*)	0.00 (*)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	28.93(*)	(**)
2. Canale Asia	7.60	—57	ass.	100.0	23.02	9.09	0.07	63.80	4.02	0.196	0.021	0.210	67.21	4.12
3. Stalla Taglio	7.60	263	ass.	100.0	11.96	11.65	15.71	52.84	7.84	0.388	0.049	0.464	50.61	8.27
4. Flambruzzo	7.50	186	ass.	100.0	26.78	6.43	4.85	52.48	9.46	0.211	0.050	0.368	54.16	6.90
5. Ariis	7.72	209	ass.	100.0	23.85	6.07	6.93	54.10	9.05	0.282	0.028	0.307	47.39	10.03
6. Torsa	7.44	— 3	1.0	99.0	21.41	9.15	10.17	41.96	17.21	0.337	0.155	0.895	34.24	15.48
7. Case Nuove nord	7.44	— 2	ass.	100.0	21.51	14.88	12.69	42.10	10.82	0.380	0.506	0.420	30.47	9.26
8. Case Nuove sud	7.44	124	ass.	100.0	14.70	10.17	15.20	48.05	11.88	0.407	0.347	0.298	30.60	10.98
9. Madonna della neve	7.35	144	ass.	100.0	11.22	13.46	11.97	49.90	13.45	0.408	0.261	0.280	29.74	11.69
10. Villa Carla	7.35	164	ass.	100.0	18.05	17.20	1.37	50.80	12.58	0.360	0.250	0.333	30.15	12.43
11. Fraida	7.44	210	ass.	100.0	25.49	17.97	1.88	46.20	8.46	0.107	0.125	0.123	29.88	10.87
12. Verto grande	7.84	266	2.0	98.0	13.71	18.19	10.32	49.20	8.58	0.056	0.185	0.157	25.69	8.30

(*) Sul terreno di fondo; (**) Fanghi assenti; (***) Metodo internazionale A (v. testo); (****) Determinazioni eseguite sui fanghi in loco.

PROSPETTO 13 — *Fiume Stella. Caratteristiche chimiche (sostanze solubili in HCl conc. boll.) dei fanghi di fondo*

	Na_2O %	K_2O %	CaO %	MgO %	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ %	Mn_3O_4 %	SO_3 %	P_2O_5 (sol. in HNO_3) %	SiO_2 %	CO_2 %	Residuo insolubile in HCl %	Perdita a fuoco (detr. CO_2) %	Azoto (N) totale %
1. Macilars - Polla di risorgiva	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
2. Canale Asia	0.063	0.165	22.780	7.290	6.870	0.027	0.454	0.151	0.014	29.560	28.130	5.090	0.210
3. Stalla Taglio	0.069	0.259	20.490	5.820	7.720	0.042	0.419	0.197	0.063	22.260	31.130	11.250	0.464
4. Flambruzzo	0.039	0.164	18.700	6.970	6.130	0.030	0.808	0.201	0.024	23.820	35.370	7.820	0.307
5. Ariis	0.039	0.123	20.270	7.420	6.150	0.036	0.542	0.131	0.042	20.840	34.510	10.460	0.368
6. Torsa	0.040	0.189	16.540	4.380	7.140	0.025	0.932	0.853	0.048	15.060	34.870	20.680	0.895
7. Case Nuove nord	0.028	0.291	16.990	6.320	5.890	0.051	0.772	0.160	0.052	13.400	36.170	19.920	0.420
8. Case Nuove sud	0.028	0.237	20.170	1.400	8.020	0.042	0.342	0.128	0.081	13.460	37.030	17.850	0.298
9. Madonna della neve	0.028	0.238	21.770	2.130	9.540	0.045	0.377	0.167	0.031	13.080	33.140	17.960	0.280
10. Villa Carla	0.032	0.237	20.620	5.810	5.490	0.048	0.282	0.123	0.020	13.260	34.420	19.100	0.333
11. Fraida	0.241	0.235	18.890	3.370	8.460	0.048	0.259	0.059	0.022	13.140	35.950	18.950	0.123
12. Verto grande	0.145	0.449	17.920	1.700	10.100	0.034	0.266	0.040	0.043	11.300	43.320	13.460	0.157

(*) Fanghi assenti.

PROSPETTO 14 — *Fiume Stella. Forme di P nei fanghi di fondo*

	P in soluzione ppm (*)	P solubile in: HNO_3 conc. e bollente ppm	P solubile in: H_2SO_4 2N ppm	P solubile in: Acetato sodico pH 4.8 ppm	P inorganico ppm	P organico ppm	P totale ppm
1. Macilars - Polla di risorgiva	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
2. Canale Asia	2.50	657.67	327.68	20.90	616.17	65.54	681.71
3. Stalla Taglio	1.96	859.51	305.83	11.99	514.23	349.52	863.75
4. Flambruzzo	6.98	877.91	387.75	21.34	804.53	91.75	896.28
5. Ariis	2.66	574.70	303.65	18.76	481.28	175.38	656.66
6. Torsa	4.23	3723.76	2534.02	110.71	3106.83	1096.58	4203.41
7. Case Nuove nord	3.40	697.49	291.08	13.71	586.76	218.45	805.21
8. Case Nuove sud	3.07	556.75	264.87	11.83	380.67	305.83	686.50
9. Madonna della neve	3.40	731.10	341.33	18.99	636.22	262.05	898.27
10. Villa Carla	6.98	535.73	262.25	15.28	437.89	196.61	634.50
11. Fraida	3.61	257.29	279.07	12.56	299.40	87.38	386.78
12. Verto grande	3.80	175.95	202.07	11.04	256.89	65.54	322.43

(*) Nell'acqua interstiziale dei fanghi; (**) Fanghi assenti.

PROSPETTO 15 — *Fiume Stella. Forme di N inorganico nei fanghi di fondo*

	$N - NH_4$ idrosolubile ppm	$N - NH_4$ adsorbito ppm	$N - NO_2$ ppm	$N - NO_3$ ppm	N totale %
1. Macilars - Polla di risorgiva	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
2. Canale Asia	2.2	38.3	0.03	4.4	0.210
3. Stalla Taglio	2.8	70.2	0.08	6.4	0.464
4. Flambruzzo	4.2	125.3	0.05	6.3	0.368
5. Ariis	4.0	59.1	0.06	8.1	0.307
6. Torsa	3.9	137.6	0.03	4.7	0.895
7. Case Nuove nord	3.7	77.9	0.04	3.2	0.420
8. Case Nuove sud	3.0	83.6	0.02	2.5	0.298
9. Madonna della neve	4.5	102.6	0.03	2.4	0.280
10. Villa Carla	5.1	78.3	0.05	2.7	0.333
11. Fraida	2.2	37.8	0.04	1.6	0.123
12. Verto grande	1.9	32.3	0.02	4.7	0.157

(*) Fanghi assenti.

PROSPETTO 16 — *Fiume Stella. Carbonio e zolfo nei fanghi di fondo*

	C organico %	C/N	C inorganico %	S da solfati %	S altre forme %	S totale %
1. Macilárs - Polla di risorgiva	*	*	*	*	*	*
2. Canale Asia	2.39	11.4	8.06	8.182	0.260	0.442
3. Stalla Taglio	4.79	10.3	6.07	0.168	0.282	0.450
4. Flambruzzo	4.00	13.0	6.50	0.324	0.038	0.361
5. Ariis	5.82	15.8	5.68	0.217	0.067	0.284
6. Torsa	8.98	10.0	4.11	0.373	0.189	0.592
7. Case nuove nord	5.37	12.8	3.65	0.309	0.155	0.464
8. Case nuove sud	6.37	21.4	3.67	0.137	0.365	0.502
9. Madonna della neve	6.78	24.2	3.57	0.150	0.308	0.459
10. Villa Carla	7.21	21.6	3.62	0.113	0.189	0.302
11. Fraida	6.30	51.2	3.04	0.104	0.348	0.452
12. Verto Grande	4.81	30.6	3.08	0.107	1.080	1.187

(*) Fanghi assenti.

PROSPETTO 17 — *Fiume Stella. Frazionamento del P inorganico dei fanghi di fondo e dei terreni idromorfi*

		Sedimenti F. Stella				Terreni idromorfi		
		Stalla--Taglio	Stella a Flambruzzo	Torsa	Stella Case Nuove	Zona Bassa	Zona Alta	Zona Media
In ppm della sostanza secca:								
P totale	ppm	863.75	896.28	4203.41	805.21	458.61	103.29	314.75
P organico totale	ppm	349.52	91.75	1096.58	218.45	231.41	22.96	58.48
P inorganico totale	ppm	514.23	804.53	3106.83	586.76	227.20	80.33	256.27
P di scambio	ppm	7.91	6.31	25.89	5.49	3.19	0.59	0.73
P legato all'Al	ppm	26.83	35.90	73.53	23.85	36.95	12.58	26.03
P legato al Fe	ppm	15.65	22.44	69.40	22.72	6.11	31.44	23.14
P legato al Ca	ppm	452.52	716.83	2818.51	508.43	158.38	20.74	80.90
P occluso	ppm	tr	13.46	27.57	13.63	20.38	13.47	119.88
P inorganico totale (per somma)	ppm	502.91	794.94	3014.90	574.12	225.01	78.82	250.68
In % del P inorganico totale:								
P di scambio	%	1.54	0.78	0.83	0.94	1.40	0.73	0.28
P legato all'Al	%	5.22	4.46	2.36	4.06	16.26	15.66	10.16
P legato al Fe	%	3.04	2.79	2.23	3.87	2.69	39.14	9.03
P legato al Ca	%	88.00	89.10	90.72	86.65	69.71	25.82	31.57
P occluso	%	—	1.67	0.89	2.32	8.97	16.77	46.78
Somma		97.80	98.80	97.03	97.84	99.03	98.12	97.82

PROSPETTO 18 — *Fiume Stella. Analisi mineralogica della frazione argillosa dei fanghi di fondo (pp 10)*

	Illite	Clorite	Montmorillonite	Strati misti	Quarzo
Romans	4.0	2.0	2.5	—	1.5
Flambruzzo	6.0	3.0	—	1.0	—
Case Nuove	4.5	2.0	2.0	—	1.5

PROSPETTO 19 — *Fiume Stella. Contenuto di rame nei terreni e nei fanghi di fondo*

LOCALITÀ	Cu totale ppm
1. Sterpo Basso - Prato stabile. Terreno cm 0-25	9.2
2. Virco Basso - Prato stabile. Terreno cm 0-25	12.7
3. Zono trotiere - Stazione S2 - Fanghi di fondo	26.3
4. Zona triotiere - Stazione V2 - Fanghi di fondo	99.5
5. Zona trotiere - Stazione C3 - Fanghi di fondo	26.7
6. Affluente da trotiera ASIA - F. Stalla - Fanghi di fondo	42.4
7. F. Stalla-Taglio - Ponte di Romans - Fanghi di fondo	73.5
8. F. Stella a Ariis - Fanghi di fondo	40.0
9. F. Stella a Flambruzzo - Fanghi di fondo	46.3
10. F. Torsa a Torsa - Fanghi di fondo	96.9
11. F. Stella a Case nuove est - Fanghi di fondo	64.6
12. F. Stella a Case Nuove ovest - Fanghi di fondo	66.0
13. F. Stella a Madonna della Neve - Fanghi di fondo	55.9
14. F. Stella a Villa Carla - Fanghi di fondo	57.6
15. F. Stella a La Fraida - Fanghi di fondo	33.7
16. F. Stella a Verto Grande - Fanghi di fondo	31.6

PROSPETTO 20 — *Collettori di bonifica. Generalità e caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque (a)*

		Planáis (Bonifica del Corno)			Ca' Famula (Bonif. del Corno)			Belvat (Bonifica del Corno)			Salmastro (Bonif. Aquileiese)		
Idrovora													
Corpo d'acqua ricevente		F. Corno (Km 2.4 dalla laguna)			F. Aussa (Km 4.3 dalla laguna)			F. Aussa (Km 9.2 dalla laguna)			Laguna di Marano		
Posizione geografica		lat. 45°46'19''; long. 0°47'20''			lat. 45°46'40''; long. 0°49'01''			lat. 45°48'01''; long. 0°50'39''			lat. 45°45'02''; long. 0°48'53''		
Data del campionamento		14 novembre 1973, ore 8.00			14 novembre 1973, ore 9.00			14 novembre 1973, ore 10.00			14 novembre 1973, ore 11.00		
Precipitazioni nella sett. prec.	mm	0.0			0.0			0.0			0.2		
Temperatura dell'aria	C°	10.1			10.8			12.6			10.2		
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:													
Temperatura	C°	9.8			8.4			11.1			9.3		
pH a 18° C		7.46			7.18			7.24			7.14		
Eh_7 a 13° C	mV	338			422			355			299		
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	2686			1874			683			5120		
Residuo fisso a 105° C	mg/l	2159			1551			533			4203		
Residuo fisso a 180° C	mg/l	2073			1528			523			4039		
Residuo fisso al rosso	mg/l	1696			1301			312			3317		
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	55.4			68.6			70.4			43.4		
OD	mg/l	8.2			4.2			5.4			9.3		
Saturazione O_2	%	72			36			48			81		
COD	mg/l	5.7			5.3			4.9			10.9		
BOD_5	mg/l	1.9			2.9			3.6			2.6		
Putrescibilità	giorni	non putresc.			non putresc.			non putresc.			non putresc.		
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		392.00	17.044		302.00	13.116		32.00	1.391		690.00	30.001	
K+		17.60	0.450		12.61	0.322		2.91	0.074		34.03	0.870	
NH_4+		3.60	0.199		3.15	0.175		4.05	0.224		3.60	0.199	
Ca++		146.80	7.325		153.20	7.644		117.20	5.848		302.00	15.069	
Mg++		97.40	7.977		79.50	6.538		37.70	3.100		217.00	17.846	
			32.995			27.795			10.637			63.985	
Cl''		752.60		21.223	470.37		13.264	46.15		1.301	1072.10		30.233
HCO'_3		337.90		5.538	418.50		6.859	429.40		7.038	264.70		4.338
NO'_2		0.069		0.0015	0.260		0.006	0.240		0.005	0.100		0.002
NO'_3		7.90		0.127	7.70		0.124	9.90		0.159	17.40		0.280
SO''_4		409.60		8.528	293.00		6.100	78.60		1.636	1436.00		29.897
PO'''_4		0.133		0.004	0.160		0.005	0.536		0.017	0.200		0.006
				35.411			26.358			10.156			64.756

PROSPETTO 21 — *Collettori di bonifica. Generalità e caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque (b)*

Idrovora		Ca' Anfora (Bonif. Aquileiese)			Ca' Ospitale (Bon. Aquileiese)			Ca' Padovan (Bon. Aquileiese)			Ca' Viola (Bonifica Boscát)		
Corpo d'acqua ricevente		C. Anfora (Km 12,1 dalla lag.)			C. Anfora (Km 12 dalla laguna)			F. Narissa (Km 1.8 dalla lag.)			F. Tiel (Km 6.2 dalla laguna)		
Posizione geografica		lat. 45°45'28''; long. 0°51'45''			lat. 45°45'23''; long. 0°51'55''			lat. 45°44'47''; long. 0°54'30''			lat. 45°44'26''; long. 0°57'59''		
Data del campionamento		14 novembre 1973, ore 12.00			14 novembre 1973, ore 12.30			16 novembre 1973, ore 8.00			16 novembre 1973, ore 9.00		
Precipitazioni nella sett. prec.	mm	0.2			0.2			0.2			0.0		
Temperatura dell'aria	C°	12.2			11.1			12.8			12.1		
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:													
Temperatura	C°	13.1			9.3			8.5			8.7		
pH a 18° C		7.91			7.94			7.70			7.9		
Eh_7 a 13° C	mV	283			364			441			391		
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	622			7226			1658			548		
Residuo fisso a 105° C	mg/l	520			5979			1384			452		
Residuo fisso a 180° C	mg/l	467			5723			1317			399		
Residuo fisso al rosso	mg/l	315			4931			1109			297		
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	70.8			90.0			69.2			57.0		
OD	mg/l	10.5			10.0			11.7			9.6		
Saturazione O_2	%	93			87			99			82		
COD	mg/l	5.1			17.4			6.7			2.9		
BOD_5	mg/l	5.7			4.8			3.8			2.8		
Putrescibilità	giorni	5			3			non putresc.			non putresc.		
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		61.000	2.652		1440.00	62.611		290.00	12.609		73.00	3.174	
K+		6.47	0.165		47.81	1.223		16.43	0.420		7.14	0.182	
NH_4+		2.27	0.125		4.96	0.275		3.60	0.200		2.70	0.149	
Ca++		90.00	4.491		315.20	15.728		86.40	4.311		70.00	3.493	
Mg++		33.80	2.714		259.50	21.341		73.90	6.077		31.80	2.615	
			10.147			101.178			23.617			9.613	
Cl''		71.00		2.002	2598.60		73.280	436.65		12.313	79.88		2.252
HCO'_3		431.90		7.077	549.00		8.998	422.10		6.918	347.70		5.698
NO'_2		0.046		0.001	0.180		0.004	0.056		0.001	0.020		0.0005
NO'_3		6.30		0.101	11.50		0.185	4.60		0.077	5.70		0.092
SO''_4		55.10		1.147	1206.00		25.109	211.10		4.395	51.00		1.061
PO'''_4		1.875		0.059	0.468		0.015	0.670		0.021	0.388		0.012
				10.387			107.591			23.725			9.115

PROSPETTO 22 — *Collettori di bonifica. Generalità e caratteristiche chimiche e fisico-chimiche delle acque (c)*

Idrovora		Tiel Mondina (Bon. T. Mond.)			Augusta (Bon. della Vittoria)			Terranova (Bon. Is. Morosini)			Dei Sacchetti (Bon. del Branc.)		
Corpo d'acqua ricevente		F. Tiel (Km 5 dalla laguna)			F. Isonzato (Km 4.9 dal mare)			F. Isonzato (Km 7.5 dal mare)			Golfo di Panzano		
Posizione geografica		lat. 45°44'31''; long. 0°58'27''			lat. 45°43'57''; long. 1°02'38''			lat. 45°45'31''; long. 1°01'40''			lat. 45°46'36''; long. 1°03'41''		
Data del campionamento		16 novembre 1973, ore 10.00			16 novembre 1973, ore 11.00			16 novembre 1973. ore 12.00			16 novembre 1973, ore 13.00		
Precipitazioni nella sett. prec.	mm	0.0			0.0			0.0			0.0		
Temperatura dell'aria	C°	11.2			10.1			13.4			11.4		
Caratteristiche fisico-chimiche e chimiche diverse:													
Temperatura	C°	8.8			9.2			10.1			12.2		
pH a 18° C		7.78			7.54			7.74			7.56		
Eh_7 a 13° C	mV	366			322			343			433		
Conducibilità elettr. a 25° C	µS/cm	1786			8598			3816			578		
Residuo fisso a 105° C	mg/l	1546			8153			3096			489		
Residuo fisso a 180° C	mg/l	1404			6651			2971			418		
Residuo fisso al rosso	mg/l	1143			5817			2694			286		
Alcalinità in HCl N/10	ml/l	59.2			101.6			93.0			51.6		
OD	mg/l	13.7			8.2			5.6			7.9		
Saturazione O_2	%	110			73			51			74		
COD	mg/l	3.2			8.3			10.8			8.3		
BOD_5	mg/l	1.7			6.6			2.4			1.4		
Putrescibilità	giorni	non putresc.			non putresc.			2			4		
		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze		mg/l	millivalenze	
			cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni		cationi	anioni
Na+		348.00	15.131		1980.00	86.090		930.00	2.565		59.00		40.436
K+		17.02	0.435		66.41	1.698		117.60	0.206		8.05		0.955
NH_4+		3.15	0.174		3.15	0.174		1420.00	0.100		1.80		0.100
Ca++		127.20	6.347		259.20	12.934		567.30	1.911		38.40		3.193
Mg++			6.274		285.30	23.463		37.35	3.577		43.50		9.671
		76.30	28.361			124.359			8.359				54.355
Cl''		465.05		13.114	3202.10		90.299	1.80		40.044	90.53	2.553	
HCO'_3		361.10		5.918	619.80		10.158	64.00		9.298	314.80	5.159	
NO'_2		0.108		0.0023	0.240		0.005	0.013		0.0001	0.006	0.0001	
NO'_3		4.40		0.071	2.40		0.038	3.200		0.051	2.50	0.040	
SO''_4		312.00		6.496	801.00		16.677	175.00		3.643	34.20	0.712	
PO'''_4		0.268		0.0085	4.420		0.139	8.370		0.264	2.478	0.078	
				25.609			117.281			53.300		8.542	

PROSPETTO 23 — *Collettori di bonifica. Forme di N e di P nelle acque*

	N						P			
	ammoniacale	nitroso	nitrico	inorganico	organico	totale	ortofosfati	polifosfati	organico	totale
1. Planais	2.8	0.02	1.8	4.62	0.33	4.95	0.044		0.076	0.120
2. Ca' Famula	2.4	0.08	1.7	4.18	3.59	7.77	0.052		0.068	0.120
3. Belvat	3.1	0.07	2.2	5.37	0.20	5.57	0.175		0.098	0.273
4. Salmastro	2.8	0.03	3.9	6.73	0.88	7.61	0.065		0.020	0.085
5. Ca' Anfora	1.7	0.01	1.4	3.11	0.78	3.89	0.611		0.001	0.612
6. Ca' Ospitale	3.8	0.05	2.6	6.45	1.10	7.55	0.153		0.022	0.175
7. Ca' Padovan	2.8	0.02	1.0	3.82	0.39	4.21	0.218		0.055	0.273
8. Ca' Viola	2.1	0.01	1.3	3.41	0.76	4.17	0.127		0.001	0.128
9. Tiel Mondina	2.4	0.03	1.0	3.43	0.93	4.36	0.087	assenti	0.062	0.149
10. Augusta	2.4	0.07	0.5	2.97	0.32	3.29	1.440		0.220	1.660
11. Terranova	1.4	0.00	0.7	2.10	1.96	4.06	2.728		0.003	2.731
12. Dei Sacchetti	1.4	0.00	0.6	2.00	2.07	4.07	0.807		0.054	0.861
Valore massimo	3.8	0.08	3.9	6.45	3.59	7.77	2.728		0.220	2.731
Valore minimo	1.7	0.00	0.5	2.00	0.20	3.29	0.044		0.001	0.085
Valore medio	2.4	0.03	1.6	4.02	1.11	5.12	0.542		0.056	0.598
Em +	0.2	0.01	0.3	0.44	0.28	0.47	0.232		0.017	0.234
Cv %	29	77	63	38	89	32	149		106	136

PROSPETTO 24 — *Collettori di bonifica. Caratteristiche fisiche e fisico-chimiche dei fanghi di fondo*

	pH (*)	Eh_7 (a 13° C) mV (*)	Sabbia 1-0.02 % (**)	Limo 0.02-0.002 % (**)	Argilla <0.002 % (**)	Perdite per trattam. acido (carbonati sali solubili) %	Perdite per trattam. ossidante (sostanza organica) %	Fe libero %	Al libero %	N totale %	$CaCO_3$ (da CO_2) %	Humus (C×1.724) %
1. Planais	7.46	317	13.08	20.11	23.26	34.35	9.20	0.713	0.012	0.271	30.790	9.311
2. Ca' Famula	7.18	192	10.87	13.39	26.96	39.83	8.95	0.688	0.756	0.369	22.603	8.444
3. Belvat	7.24	145	23.75	12.50	18.61	33 04	12.10	0.829	0.391	0.420	27.424	11.542
4. Salmastro	7.20	212	7.87	19.35	29.59	36.03	7.16	0.785	0.105	0.280	26 151	5.574
5. Ca' Anfora	7.96	146	10.77	9.90	16.59	54.55	8.10	0.571	0.315	0.298	37.839	9.032
6. Ca' Ospitale	7.96	65	8.06	16.41	32.95	37.68	4.90	0.689	0.370	0.210	32.063	4.546
7. Ca' Padovan	7.62	396	12.64	6.01	11.74	64.13	5.48	0.209	0.166	0.088	55.213	5.518
8. Ca' Viola	7.82	357	19.41	8.62	19.85	49.00	3.12	0.235	0.317	0.139	42.933	4.108
9. Tiel Mondina	7.64	288	8.24	12.13	24.58	49.19	5.86	0.431	0.026	0.184	44.684	5.770
10. Augusta	7.32	149	14.62	7.43	14.46	58.19	5.30	0.339	0.016	0.157	55.122	4.998
11. Terranova	7.77	--25	8.47	12.23	22.40	49.10	7.80	0.524	0.357	0.210	41.205	6.958
12. Dei Sacchetti	7.61	266	14.19	10.64	19.73	46.70	8.74	0.278	0.134	0.298	45.707	8.259
Valore massimo	7.96	396		6.01	29.59	58.19	12.10	0.829	0.756	0.420	55.213	11.542
Valore minimo	7.18	—25	7.87	20.11	11.74	33.04	3.12	0.209	0.012	0.088	22.603	4.108
Valore medio	7.57	209	12.66	12.40	21.73	45.98	7.23	0.524	0.247	0.244	38.508	7.010
Em +	0.08	35	1.41	1.27	1.79	2.87	0.70	0.064	0.062	0.028	3.130	0.661
Cv %	4	59	39	35	28	22	34	42	87	40	28	33

(*) Determinazioni eseguite sui fanghi in loco; (**) Metodo internazionale A (v. testo).

PROSPETTO 25 — *Collettori di bonifica. Caratteristiche chimiche dei fanghi di fondo (sostanze solubili in HCl conc. boll.)*

	Na_2O %	K_2O %	CaO %	MgO %	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ %	Mn_3O_4 %	SO_3 %	P_2O_5 (sol. in HNO_3) %	SiO_2 %	CO_2 %	Residuo insolubile in HCl %	Perdita a fuoco (detr. CO_2) %	N totale %
1. Planais	0.125	0.426	14.280	0.370	10.950	0.048	0.164	0.126	0.056	13.540	49.170	11.140	0.271
2. Ca' Famula	0.128	0.438	14.300	2.680	12.600	0.063	0.571	0.188	0.052	9.940	47.080	10.780	0.369
3. Belvat	0.050	0.222	16.360	2.230	7.710	0.055	0.391	0.186	0.038	12.060	44.110	15.180	0.420
4. Salmastro	0.200	0.607	10.390	3.720	9.740	0.050	0.488	0.132	0.049	11.500	53.920	9.200	0.280
5. Ca' Anfora	0.053	0.291	21.360	1.320	8.560	0.061	0.342	0.179	0.042	16.640	36.660	13.580	0.298
6. Ca' Ospitale	0.442	0.715	11.830	0.440	12.750	0.057	0.591	0.175	0.058	14.100	51.260	7.440	0.210
7. Ca' Padovan	0.089	0.183	30.130	0.100	7.430	0.055	0.210	0.071	0.018	24.280	27.420	8.170	0.088
8. Ca' Viola	0.063	0.404	18.230	1.310	8.110	0.109	1.531	0.064	0.026	18.880	43.830	6.740	0.139
9. Tiel Mondina	0.133	0.405	20.720	2.720	6.980	0.057	0.555	0.104	0.024	19.650	41.360	6.620	0.184
10. Augusta	0.367	0.237	23.880	5.130	4.900	0.096	0.339	0.112	0.020	24.240	33.120	6.220	0.157
12. Dei Sacchetti	0.340	0.293	18.300	1.440	8.210	0.061	0.660	0.090	0.032	18.120	40.420	10.420	0.210
11. Terranova	0.078	0.168	17.820	2.570	6.410	0.055	0.657	0.075	0.030	20.100	39.880	10.600	0.298
Valore massimo	0.442	0.715	30.130	5.130	12.750	0.109	1.531	0.188	0.056	24.280	53.920	15.180	0.420
Valore minimo	0.050	0.168	10.390	0.100	4.900	0.048	0.064	0.164	0.018	9.940	27.420	6.220	0.088
Valore medio	0.172	0.366	18.133	2.002	8.696	0.064	0.542	0.125	0.037	16.921	42.353	9.674	0.244
Em +	0.039	0.049	1.573	0.427	0.694	0.005	0.102	0.013	0.004	1.381	2.199	0.815	0.028
Cv %	78	46	30	74	28	27	65	37	38	28	18	29	40

PROSPETTO 26 — *Collettori di bonifica. Forme di P nei fanghi di fondo*

	P in soluzione ppm (*)	P solubile in:			P inorganico ppm	P organico ppm	P totale ppm
		HNO_3 conc. e bollente ppm	H_2SO_4 2N ppm	Acetato sodico pH 4.8 ppm			
1. Planais	0.43	512.36	235.54	7.38	488.22	110.33	472.29
2. Ca' Famula	0.22	821.83	545.09	8.98	940.39	50.06	488.11
3. Belvat	6.98	811.19	544.17	10.62	1016.32	87.72	506.80
4. Salmastro	0.30	577.33	307.11	12.87	367.39	61.83	414.18
5. Ca' Anfora	6.98	781.96	492.42	19.97	830.77	152.05	1104.04
6. Ca' Ospitale	0.51	763.23	424.78	12.93	777.56	91.82	282.04
7. Ca' Padovan	2.49	310.50	242.23	13.10	319.19	283.15	655.52
8. Ca' Viola	0.48	277.25	200.46	11.22	180.68	50.06	81.34
9. Tiel Mondina	0.35	453.57	323.98	13.67	354.30	124.00	43
10. Augusta	13.64	487.83	376.20	39.57	426.28	18.57	598.55
11. Terranova	3.71	392.37	344.66	12.01	354.75	52	990.45
12. Dei Sacchetti	1.48	327.40	296.43	15.32	322.36		
						283.15	1104.04
Valore massimo	13.64	821.83	545.09	39.57	1016.32	187.20	650.54
Valore minimo	0.22	310.50	200.46	7.38	180.68	160.90	1017.97
Valore medio	3.13	543.07	361.09	14.80	530.93	83.63	938.46
Em +	1.19	59.28	34.08	2.43	80.87	101.36	402.82
Cv %	132	38	33	57	52	117.99	282.04

(*) Nell'acqua interstiziale dei fanghi.

PROSPETTO 27 — *Collettori di bonifica. Forme di N inorganico nei fanghi di fondo*

	$N\text{-}NH_4$ idrosolubile ppm	$N\text{-}NH_4$ scambiabile ppm	$N\text{-}NO_2$ ppm	$N\ NO_3$ ppm	N totale %
1. Planais	2.8	120.8	0.01	4.1	0.271
2. Ca' Famula	2.4	82.1	0.13	2.2	0.368
3. Belvat	3.1	84.3	0.09	5.8	0.420
4. Salmastro	2.8	72.6	0.08	4.3	0.280
5. Ca' Anfora	1.7	80.5	0.02	9.2	0.298
6. Ca' Ospitale	3.8	98.4	0.05	7.7	0.210
7. Ca' Padovan	2.8	48.6	0.11	3.4	0.088
8. Ca' Viola	2.1	76.4	0.04	2.4	0.139
9. Tiel Mondina	2.4	53.6	0.07	1.8	0.184
10. Augusta	2.4	53.1	0.14	2.5	0.157
11. Terranova	1.4	62.7	0.03	2.4	0.219
12. Dei Sacchetti	1.4	70.5	0.02	2.3	0298
Valore massimo	3.8	120.8	0.14	9.2	0.420
Valore minimo	1.4	53.1	0.01	1.8	0.088
Valore medio	2.4	75.3	0.06	4.0	0.244
Em +	0.2	5.9	0.008	0.7	0.028
Cv %	29	27	47	59	39

PROSPETTO, 28 — *Collettori di bonifica. Carbonio e zolfo nei fanghi di fondo*

	C organico	C/N	C inorganico	S da solfati	S altre forme	S totale
1. Planáis	5.40	22.2	3.69	0.066	0.761	0.827
2. Ca' Famula	4.84	14.0	2.71	0.229	1.009	1.238
3. Belvát	6.69	17.0	3.29	0.156	0.184	0.341
4. Salmastro	3.23	12.3	3.14	0.195	0.551	0.747
5. Ca' Anfora	5.24	19.2	4.54	0.137	0.228	0.365
6. Ca' Ospitale	2.64	14.1	3.85	0.237	0.603	0.840
7. Ca' Padovan	3.20	41.9	6.62	0.084	0.416	0.500
8. Ca' Viola	2.38	19.6	5.15	0.613	3.459	4.072
9. Tiel Madonina	3.35	20.0	5.29	0.222	0.538	0.761
10. Augusta	2.90	20.1	6.61	0.135	0.342	0.478
11. Terranova	4.03	20.1	4.94	0.264	0.934	1.199
12. Dei Sacchetti	4.79	17.5	5.48	0.262	0.339	0.601
Valore massimo	6.69	41.9	6.62	0.613	3.459	4.072
Valore minimo	2.38	12.3	2.71	0.066	6.184	0.341
Valore medio	4.06	19.8	4.61	0.217	0.780	0.997
Em +	0.38	2.2	0.37	0.041	0.255	0.292
Cv %	33	38	28	65	113	101

PROSPETTO 29 — *Collettori di bonifica. Frazionamento del P inorganico nei fanghi di fondo*

		Ca' Famula	Belvát	Ca' Viola	Augusta	Terranova
In ppm della sostanza secca:						
P totale	ppm	990.45	1104.04	282.04	488.11	506.80
P organico totale	ppm	50.06	87.72	101.36	61.83	152.05
P inorganico totale	ppm	940.39	1016.32	180.68	426.28	354.75
P di scambio	ppm	1.93	9.22	1.09	7.75	4.16
P legato all'Al	ppm	58.23	31.13	9.06	11.23	9.13
P legato al Fe	ppm	26.09	58.80	6.79	8.98	9.13
P legato al Ca	ppm	825.38	889.68	148.24	372.69	297.85
P occluso	ppm	13.97	13.89	13.59	17.96	27.41
P inorganico totale (per somma)	ppm	925.60	1002.60	178.77	418.61	347.68
In % del P inorganico totale:						
P di scambio	%	0.21	0.91	0.60	1.82	1.17
P legato all'Al	%	6.19	3.06	5.01	2.63	2.57
P legato al Fe	%	2.77	5.79	3.76	2.11	2.57
P legato al Ca	%	87.77	87.54	82.05	87.43	83.96
P occluso	%	1.49	1.37	7.52	4.21	7.73
Somma	%	98.43	98.67	98.94	98.20	98.00

PROSPETTO 30 — *Collettori di bonifica. Composizione mineralogica delle argille dei fanghi di fondo* (pp 10)

Idrovore	Illite	Clorite	Montmoril-lonite	Quarzo
Nogaredo	4.5	3.4	1.3	0.6
Belvat	5.0	3.0	—	2.0
Ca' Viola	7.8	2.2	—	—
Fossalon	6.5	3.0	—	0.5
Isola Morosini	7.0	2.8	—	0.2

PROSPETTO 31 — *Collettori di bonifica. Contenuto di P in alcune piante natanti*

	Potamogen (1)	Sedimenti (1)		Acqua
	P totale ppm	P (2) di riserva accessibile ppm	P (3) di pronta assimilabilità ppm	P (4) in soluzione ppm
Idrovora Belvat	4410	811	10.6	0.175
Idrovora Dei Socchetti	4290	327	15.3	0.807
Fiume Stella (a Fraida)	2190	257	12.5	0.181

(1) Sulla sostanza secca; (2) Solubile in HNO_3 conc. boll.; (3) Metodo Morgan-Peech; (4) Ortofosfati.